

**PREDIKSI KLOROFIL SAYURAN DENGAN METODE
JARINGAN SARAF TIRUAN BERBASIS CITRA DIGITAL**

SKRIPSI

Oleh :
ELDA DAHLENA
135100200111004



**JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
2018**

PREDIKSI KLOROFIL SAYURAN DENGAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN BERBASIS CITRA DIGITAL

SKRIPSI

Oleh :
ELDA DAHLENA
135100200111004

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik**



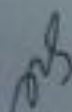
**JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
2018**

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Tugas Akhir	: Prediksi Klorofil sayuran dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan Berbasis Citra Digital
Nama Mahasiswa	: Elda Dahlena
N I M	: 135100200111004
Jurusan	: Teknik Pertanian
Fakultas	: Teknologi Pertanian

Pembimbing Pertama,

Pembimbing Kedua,



Dr. Ir. Sandra Malin Sutan, MP

NIP. 1963 1231 99 303 1 021

Dewi Maya Maharani,

SP, M.Sc.

NIP. 1987 1025 201504 2 002

Tanggal Persetujuan:

Tanggal Persetujuan:

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir : Prediksi Klorofil Sayuran dengan
Metode Jaringan Saraf Tiruan
Berbasis *citra digital*
Nama Mahasiswa : Elda Dahlena
NIM : 135100200111004
Jurusan : Keteknikan Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Penguji I,


Yusuf Hendrawan, STP, M. App. Life, SC, PhD


NIP. 19810816 200312 1002

Dosen Penguji II,

Dosen Penguji III,


Dr. Ir. Sandra Malin Sutan, MP

NIP. 1963 1231 99 303 1 021


Dewi Maya Maharani,

SP, M.Sc.

NIP. 1987 1025 201504 2 002

Ketua Jurusan


La Choviya Hawa, STP, MP, PhD.

NIP. 19780307 200012 2001

Tanggal Lulus TA :

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sumberjo tepatnya Kabupaten Wonomulyo Sulawesi Barat pada tanggal 06 Juni 1995 dari pasangan ayah yang bernama Rudiyanto dan Ibu bernama Rita Surya Ningsih. Penulis merupakan anak sulung dari 4 bersaudara dengan 3 adik yang bernama Mohammad Aden, Vika Syah Aldina dan Adinda Fasha. Hingga saat ini penulis berdomisili di Kabupaten Sumenep, Jawa timur. Penulis mengawali pendidikan sekolah dasarnya di SDN Daramista II Lenteng pada tahun 2001. Tiga tahun kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SDN Marengan Daya I Sumenep hingga menyelesaikan pendidikannya pada tahun 2007. Kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Tingkat Pertama di SMPN 4 Sumenep, dengan tahun kelulusan 2010, dan menyelesaikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 2 Sumenep pada tahun 2013. Pada tahun 2018 Penulis telah berhasil menyelesaikan pendidikanny di jurusan Keteknikan Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Selama aktif menjadi mahasiswa, penulis juga mengikuti pendidikan keagamaan di Pondok Pesantren Mahasiwa Baitul Jannah, Malang Raya. Selain itu, penulis juga aktif mengikuti organisasi kepemudaan diluar kampus yaitu Forum Pemuda LDII Malang Raya yang berkerjasama dengan KNPI (Komite Nasional Pemuda Indonesia) setempat.

Alhamdulillahi robbil alamiin

Segala Puji Bagi Tuhan Semesta Alam

Kecil tapi bermakna

Berusahalah seakan - akan engkau akan hidup selamanya

Beribadahlah seakan - akan engkau akan mati esok

Karya ini saya persembahkan untuk kedua orang tua yang selalu memberi do'a dan dukungan serta kasih sayangnya yang tidak terkira jumlahnya, dan untuk teman-teman saya, serta keluarga besar saya yang selalu memotivasi, sehingga kelak bisa menjadi barokah bagi siapa pun terkhusus saya sendiri. Tidak ada kata yang yang bisa mewakili kesyukuran kepada mereka semua selain,

Alhamdulillahjazakumulohukhoiroh

Dan

Terima Kasih

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Elda Dahlena
NIM : 135100200111004
Jurusan : Keteknikan Pertanian
Judul Tugas Akhir : Prediksi klorofil sayuran dengan metode jaringan saraf tiruan berbasis *citra digital*

Menyatakan bahwa,

Tugas akhir dengan judul diatas merupakan karya asli penulis tersebut diatas. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan itu tidak benar. Penulis tersebut diatas bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, 3 Juli 2018
Pembuat Pernyataan,

Elda Dahlena

NIM. 135100200111004

Elda Dahlena. 135100200111004. Prediksi klorofil sayuran dengan metode jaringan saraf tiruan berbasis *citra digital*. Pembimbing: Dr. Ir. Sandra Malin Sutan, MP dan Dewi Maya Maharani SP,M.Sc.

RINGKASAN

Sayuran berklorofil sangat penting bagi kesehatan, karena mengandung sumber nutrisi. Kualifikasi visual yang kurang objektif, serta analisis laboratorium yang lama dan cukup mahal untuk setiap sampelnya, mendorong solusi alternatif dari metode jaringan saraf tiruan berbasis *citra digital* untuk diterapkan dalam memprediksi klorofil total pada sayuran daun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Red*, *saturation_HSV*, *lightness* dan *saturation_HSL* terhadap klorofil total, *a* dan *b* menghasilkan *linieritas* positif. *Green*, *blue*, *hue*, dan *value* menghasilkan *linieritas* negatif. *Regresi* positif tertinggi ditunjukkan pada indeks *saturation_HSL* terhadap klorofil total daun singkong sebesar 78,6 %. *Regresi* negatif tertinggi terjadi pada indeks *green* terhadap klorofil total daun kangkung sebesar 49,8 %. Model terbaik yang dihasilkan melalui metode jaringan saraf tiruan dalam memprediksi klorofil total adalah model jaringan dengan 8 *input*, 9 *hidden layer* dan satu *output layer*, pada proporsi data *training* 75 % dan data *testing* 25 % sehingga diperoleh nilai *MSE testing* terkecil sebesar 0,0921, dengan *Regresi testing* sebesar 0,8468. Model jaringan mampu membaca sumber klorofil tertinggi pada daun singkong dengan presentase 84,68 %.

Kata Kunci : *Citra Digital*, Klorofil, *MSE*, *Regresi*, Sayuran

Elda Dahlena. 135100200111004. Prediction Of Chlorophyll's Vegetable With Artificial Neural Network Method Based Image Processing. Pembimbing: Dr. Ir. Sandra Malin Sutan, MP dan Dewi Maya Maharani SP,M.Sc.

Summary

Chlorophyll's vegetable is very important for health, because it contain a source of nutrients. Less objective visual qualifications, laboratory analyzes need long time and expensive for each sample, encourage alternative solutions of image processing based with neural network methods to be applied at prediction total chlorophyll in leaf's vegetable. The results showed that Red, saturation_HSV, lightness and saturation_HSL to total chlorophyll, a and b yielded positive linearity. Green, blue, hue, and value yielded negative linearity. The highest positive regression was 78.6%, shown on the saturation_HSL of total chlorophyll cassava leaves . The highest negative regression occurred on green mean to total chlorophyll of leaf kangkung by 49.8%. The best model artificial neural network in predicting total chlorophyll is network model with 8 inputs, 9 hidden layers and one output layer, with 75% training data and 25% testing data proportion, so as to obtain the smallest MSE testing is 0.0921, with regression testing 0.8468. This Network model is able to read the highest source of chlorophyll on cassava leaves with percentage of 84.68%.

Keyword : *Chlorophyll, Image Processing, MSE, Regretion, Vegetable.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas rahmat-Nya penulis diberi kesehatan jasmani dan rohani yang tidak ternilai, sehingga dengan segala keterbatasan dan kemampuan, penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Prediksi Klorofil Sayuran dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan Berbasis *Citra Digital*”. Selama berlangsungnya serangkaian penelitian, banyak sekali dukungan, motivasi dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua yang telah menjadi sahabat serta pemberi dukungan baik secara moril maupun materil.
2. La Choviya Hawa, STP, MP, PhD selaku ketua jurusan Keteknikan Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Dr. Ir. Sandra Malin Sutan. MP, Selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, arahan dan masukan dalam membantu penulisan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Dewi Maya Maharani, SP. M.Sc, Selaku dosen pembimbing kedua yang tentunya telah memberikan bimbingan dan saran yang membangun dalam membantu penulisan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Yusuf Hendrawan STP, M.App Life. Sc Phd, Selaku dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyelesaian Tugas Akhir tersebut.
6. Sahabat dan teman TEP '13 yang telah memberikan dukungan dan motivasinya sehingga penulis bisa merampungkan Tugas Akhir ini.
7. Sahabat-sahabat satu kos yaitu Ayu, Dienny, Dita, Meiga, Shavira, Luluk yang selama ini telah banyak memberikan dukungan dalam merampungkan Tugas akhir ini.

8. Ayu Solehati. A sebagai bibi yang tidak hentinya memberikan nasehat dan motivasinya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, saran dan kritik sangat diharapkan agar Tugas Akhir ini menjadi lebih baik dan bermanfaat bagi para pembaca sebagai bahan kajian kedepannya

Malang, 3 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	vi
RINGKASAN.....	vii
SUMMARY.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Daun Singkong.....	5
2.2 Bayam	6
2.3 Kangkung	7
2.4 Klorofil (Zat Hijau Daun)	8
2.5 Citra Digital.....	10
2.5.1 RGB (<i>Red, Green, Blue</i>).....	12
2.5.2. Transformasi RGB ke HSL	14
2.5.3. Transformasi RGB ke HSV	15
2.5.4 HSL (<i>Hue, Saturation, Lightness</i>)	16
2.5.5 HSV (<i>Hue, Saturation, Value</i>).....	17

2.6 Jaringan Saraf Tiruan	18
2.6.1 Struktur <i>Feedforward</i>	19
2.6.2 Struktur <i>Recurrent (Feedback)</i>	19
2.6.3 Model Dasar Jaringan Saraf Tiruan	22
2.6.4 <i>Backpropagation</i>	23
2.6.5 Pembelajaran Jaringan Saraf Tiruan	24
2.6.6 Referensi Terdahulu	29
BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1 Tempat dan Waktu	31
3.2 . Alat dan Bahan	31
3.2.1 Alat Pengolahan <i>Citra</i> Gambar	31
3.2.2 Alat Analisis Kadar Klorofil	32
3.2.3 Bahan	33
3.3 Metode Pengambilan Citra Daun	34
3.4 Analisa Kadar Klorofil pada Sayuran	37
3.5 Metode Pengolahan Data	38
3.5.1 Ekstraksi Citra Digital	38
3.5.2 Analisis Hubungan Ekstraksi Citra terhadap Klorofil Total, Klorofil a dan Klorofil b	40
3.5.3 Pengolahan Data dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Kadar Klorofil Sayuran Hasil Analisis	49
4.2 Hubungan Klorofil Total, a dan b terhadap Warna RGB	50
4.2.1 Hubungan Klorofil Total terhadap Red (R)	50
4.2.2 Hubungan Klorofil Total terhadap <i>Green Mean</i>	53
4.2.3 Hubungan Klorofil Total terhadap <i>Blue (B)</i>	55
4.3 Hubungan Klorofil Total terhadap <i>Hue</i>	57
4.4 Hubungan Klorofil Total terhadap <i>Saturation_HSV</i>	60
4.5 Hubungan Klorofil Total terhadap <i>Saturation_HSL</i>	62
4.6 Hubungan Klorofil Total terhadap <i>Lightness</i>	64
4.7 Hubungan Klorofil Total terhadap <i>Value</i>	66
4.8 Hubungan kadar klorofil a, b terhadap RGB HSV HSL	68

4.9 Analisis Sensitivitas Struktur JST terhadap Klorofil	69
4.10 Analisis Klorofil Total Hasil Prediksi.....	74
4.11 Keakuraatan Model Jaringan dalam Pembelajaran	75
4.12 Penerapan Model Jaringan pada Klorofil a dan b .	78
4.13 Perbandingan Prediksi Klorofil Total dengan Penelitian Terdahulu.....	79
BAB V PENUTUP	81
5.1 Kesimpulan.....	81
5.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA.....	83
LAMPIRAN	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Model Warna	12
Tabel 2.2. Nilai RGB dan Pembentukan Warna Lain	13
Tabel 3.1. Spesifikasi Kamera Digital Nikon Coolpix A10.	31
Tabel 3.2. Spesifikasi dari Kotak Akusisi.....	35
Tabel 3.3 Interpretasi Koefisien Korelasi.....	41
Tabel 4.1 Kadar Klorofil Daun Sayuran Hasil Analisis.....	49
Tabel 4.2 Pembagian <i>Dataset Training</i> dan <i>Testing</i>	70
Tabel 4.3 Model Jaringan Pada Proporsi Berbeda.....	71
Tabel 4.4 Hasil Prediksi Klorofil dengan Model 8-9-1.....	74
Tabel 4.5 Pembelajaran terhadap Klorofil a dan b	78
Tabel 4.6 Perbandingan Prediksi Klorofil Total dengan Penelitian Terdahulu.....	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Daun Singkong	6
Gambar 2.2. Contoh Bayam Cabut.....	7
Gambar 2.3. Kangkung Darat.....	8
Gambar 2.4. Zat Hijau Daun	9
Gambar 2.5. Contoh Citra (a) Warna, (b) Keabuan dan (c) Biner	11
Gambar 2.6. Kombinasi Warna RGB	13
Gambar 2.7. Model Warna HSL.....	16
Gambar 2.8. Lingkaran Warna <i>Hue</i> dan Model Warna HSV	18
Gambar 2.9. Kurva Fungsi Identitas	20
Gambar 2.10. Kurva <i>Sigmoid Biner</i>	21
Gambar 2.11. Kurva Fungsi <i>Tangen Hiperbolik</i>	21
Gambar 2.12. Struktur JST <i>Satu Hidden Layer</i>	23
Gambar 2.13. Struktur Jaringan <i>Backpropagation</i>	24
Gambar 3.1. Pemotongan <i>Background</i> dari Objek.....	35
Gambar 3.2. Kotak Dialog <i>Layer</i>	36
Gambar 3.3 Tampilan <i>Background</i> yang Telah Hilang...	36
Gambar 3.4. Serangkaian Perangkat Uji <i>Spektorfotometer</i>	37
Gambar 3.5. Tampilan Program pada <i>Visual Basic</i>	38
Gambar 3.6. Folder Gambar pada Pemrograman <i>Citra Digital</i>	39
Gambar 3.7. Tampilan Proses <i>Running Citra</i>	40
Gambar 3.8. Hasil Ekstraksi <i>Citra</i> dalam Bentuk Numerik	40
Gambar 3.9. Data <i>Input</i> yang Telah dimasukkan pada <i>Workspace</i>	43
Gambar 3.10. Proses <i>Training</i> pada MATLAB.....	44
Gambar 3.11. Diagram Alir Analisis Kadar Klorofil Sayuran Daun.....	46
Gambar 3.12. Struktur Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan ..	47
Gambar 3.13. Flowchart Sistem Jaringan Saraf Tiruan....	48

Gambar 4.1	Grafik Hubungan Klorofil Total dengan <i>Red Mean</i>	51
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Klorofil Total dengan <i>Green Mean</i>	54
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Klorofil Total terhadap <i>Blue Mean</i>	56
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Klorofil Total terhadap <i>Hue Mean</i>	58
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Klorofil Total terhadap <i>Saturation_HSV</i>	60
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Klorofil Total terhadap <i>Saturation_HSL</i>	62
Gambar 4.7	Grafik Hubungan Klorofil Total terhadap <i>Lightness</i>	64
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Klorofil Total terhadap <i>Value</i>	66
Gambar 4.9	Grafik (a) <i>Regresi Testing</i> dan (b) <i>Regresi Training</i> Terbaik.....	72
Gambar 4.10	Grafik <i>Learning</i> Terbaik.....	73
Gambar 4.11	Grafik Ketepatan Proses <i>Training</i>	76
Gambar 4.12	Grafik Ketepatan Proses <i>Testing</i>	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Secara Teori Model JST dalam Memprediksi KlorofilTotal.....	88
Lampiran 2. Analisis Sensitivitas Pemodelan Jaringan Saraf Tiruan	98
Lampiran 3. Hasil Ekstraksi Citra Daun Sayuran	104
Lampiran 4. Kadar Klorofil Total, a dan b Kangkung, Bayam dan Singkong	108
Lampiran 5. Hasil Uji Absorbansi KlorofilKangkung, Bayam dan Singkong.....	114
Lampiran 6. Grafik <i>Klorofil</i> a, dan b terhadap RGB, HSV dan HSL.....	117
Lampiran 7. Gambar Sampel Kangkung, Bayam dan Daun singkong.....	129
Lampiran 8. Dokumentasi Kegiatan Analisis Kadar Klorofil	138
Lampiran 9. Tampilan Kotak Akusisi Pengambilan Gambar	139
Lampiran 10. <i>Coding Script</i> JST MATLAB	140

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Potensi hasil pertanian di Indonesia sangatlah melimpah tidak terkecuali sayuran. Berdasarkan informasi dari Pusat Krisis Kesehatan Kementerian Kesehatan RI bahwa untuk menjaga daya tahan tubuh dibutuhkan sayuran. Oleh karena itu setiap individu harus bisa mengonsumsi sayuran setiap hari. Sayuran yang berwarna hijau banyak mengandung sumber *pigmen* hijau yang sering disebut klorofil. *Pigmen* klorofil sangat penting bagi kesehatan, karena mampu berfungsi sebagai pembersih alami yaitu mendorong terjadinya *detoksifikasi* tubuh, *antioksidan* (mengurangi zat-zat *karsinogen*), dan antipenuaan. Kadar klorofil merupakan tolak ukur besarnya *antioksidan* yang terkandung pada sayuran dan mampu menjadi pengganti *suplemen* makanan tubuh. Seiring berjalannya waktu, sebagian produsen *suplemen* klorofil mengambil keuntungan pribadi tanpa memperhatikan kesehatan orang lain. Langkah paling efektif dan efisien untuk menjaga kesehatan tanpa mengonsumsi *suplemen* klorofil yaitu banyak mengonsumsi sayuran dan buah-buahan bernutrisi yang mengandung klorofil dan *antioksidan* tinggi.

Kadar klorofil daun sayuran dapat diketahui melalui warna hijau daun, semakin pekat warna hijau daun maka akan semakin besar pula kandungan klorofil didalamnya. Evaluasi kandungan klorofil daun selama ini dilakukan secara *visual* sehingga hasil pendugaan kadar klorofil pada daun kurang objektif. Jika kualifikasi dilakukan dengan skala laboratorium, maka prosesnya akan membutuhkan waktu yang lama dan cukup mahal untuk setiap sampelnya. Selain itu peningkatan kualitas sayuran yang menghasilkan klorofil tertinggi, bisa menjadi poin utama bagi petani untuk mengembangkan

budidaya jenis sayuran berklorofil tinggi. Alasan tersebutlah, yang mendorong peneliti untuk mengaplikasikan metode jaringan saraf tiruan berbasis *citra digital* sebagai upaya untuk memprediksi kadar klorofil terhadap beberapa sayuran daun.

Untuk mempermudah proses analisis klorofil, maka parameter hasil *citra digital* daun diolah dengan menggunakan pemodelan jaringan saraf tiruan (*Artificial Neural Network*) berdasarkan pembelajaran *Backpropagation*. Jaringan saraf tiruan merupakan sistem pembelajaran dalam pengambilan keputusan yang bisa memberikan akurasi tinggi. Berdasarkan alasan tersebut, maka peneliti mengangkat judul **“Prediksi Klorofil Sayuran dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan Berbasis *Citra Digital*”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana memprediksi kadar klorofil total pada sayuran daun berbasis *citra digital*?
2. Bagaimana hubungan indeks warna *Red, Green, Blue (RGB); Hue; Saturation_HSV; Value; Saturation_HSL* dan *Lightness* terhadap klorofil daun sayuran?
3. Bagaimana bentuk pemodelan jaringan saraf tiruan yang sesuai untuk dapat digunakan memprediksi sumber klorofil tertinggi pada daun sayuran berbasis *citra digital*?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan bertujuan sebagai berikut:

1. Memprediksi kadar klorofil pada sayuran daun berbasis *citra digital*

2. Mencari hubungan indeks warna *Red*, *Green*, *Blue* (*RGB*); *Hue*; *Saturation_HSV*; *Value*; *Saturation_HSL* dan *Lightness* terhadap klorofil.
3. Mencari bentuk pemodelan jaringan saraf tiruan yang sesuai untuk dapat digunakan memprediksi sumber klorofil tertinggi pada sayuran daun berbasis *citra digital*.

1.4 Manfaat penelitian

Berdasarkan penelitian ini manfaat yang dapat diperoleh meliputi :

1. Bagi penulis, memberikan pengetahuan tentang sumber kadar total klorofil tertinggi pada sayuran daun berbasis citra digital dengan lebih akurat dan objektif. Serta menjadi bahan pertimbangan untuk memilih suplemen makanan bernutrisi.
2. Bagi konsumen, memberikan informasi kesehatan yang baik bagi tubuh tentang alternatif suplemen makanan, tanpa perlu mengonsumsi produk klorofil dengan banyak efek samping.
3. Bagi petani, membantu membuka peluang usaha yang lebih luas serta menguntungkan dalam budidaya sayuran.
4. Bagi akademis, memberikan referensi terhadap penelitian yang akan dilakukan dengan topik yang sama.

1.5 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tidak membahas mengenai pengaruh luar (efek eksternal) seperti suhu, kelembapan udara, cahaya, pH dan sebagainya.

2. Tidak membahas tata cara pembudidayaan sayuran, sebab sayuran diperoleh langsung dari petani.
3. Penelitian berbasis citra digital dengan menggunakan *Artificial Neural Network (ANN)* atau Jaringan Saraf Tiruan.
4. Daun yang digunakan sebagai sampel diasumsikan seragam
5. Pada tiap sayuran daun tidak diberikan perlakuan khusus.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daun Singkong

Daun singkong merupakan limbah dari sistem produksi pertanian singkong terutama pada daerah industri tapioka. Ketersediaan daun singkong terus meningkat dengan semakin meluasnya areal penanaman dan produktivitas tanaman singkong. Hampir 10-40 % dari tanaman singkong terdiri atas daun. Produksi daun singkong segar adalah 10-40 ton/ha/tahun atau 2,3 ton berat kering/ha/tahun. Daun singkong sering dimakan sebagai sayuran ataupun sebagai ramuan karena merupakan sumber protein yang baik. Salah satu manfaat daun singkong adalah berkhasiat mengatasi *rematik*, membantu pemulihan tulang dan kulit serta mencegah proses penuaan (Sukria dan Rantan,2009)

Menurut Setiari dan Nurchayati (2009), daun singkong merupakan penghasil klorofil tertinggi kedua setelah daun pepaya. Oleh karena itu, tidak heran jika kandungan *antioksidan* dalam daun singkong pun cukup tinggi. Kandungan kimia daun singkong diantaranya :

1. Kadar protein yang tinggi, sumber energi yang setara dengan karbohidrat, 4 kalori setiap gram protein.
2. Sumber vitamin A setiap 100 gram sehingga mampu menjaga kesehatan mata dengan baik.
3. Kandungan serat yang tinggi, dapat membantu untuk membuang air besar menjadi teratur.
4. Vitamin C per 100 gram daun singkong mencapai 275 mg sehingga dapat menjadi *antioksidan* yang baik serta menjaga kekebalan tubuh dari penyakit.

Diantara berbagai sayuran, kandungan gizi daun singkong termasuk sangat baik, terutama kandungan protein dan beta karoten yaitu sekitar 6,8 gr bila dibandingkan dengan

sawi. Oleh karena itu, daun singkong bisa menjadi solusi alternatif untuk mengatasi masalah kekurangan gizi yang ada pada sebagian daerah di Indonesia. Contoh daun ubi kayu (singkong) dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Daun Singkong

Daun singkong memiliki susunan *brurat* menjari dengan canggap 5-9 helai dan memiliki tangkai panjang dengan warna kuning, hijau atau merah. Daun ini juga menjadi salah satu sayuran hijau yang umum di Indonesia dan memiliki nilai jual yang sangat murah.

2.2 Bayam

Bayam merupakan tanaman sayuran yang dikenal dengan nama alamiah *Amarathus spp.* Tanaman bayam berasal dari daerah Amerika Tropik. Bayam merupakan bahan sayuran dengan daun yang bergizi tinggi dan banyak dikonsumsi oleh semua lapisan masyarakat. Daun bayam dapat disajikan dalam berbagai jenis masakan, bahkan hingga menjadi hidangan mewah. Di beberapa negara berkembang bayam dipromosikan sebagai sumber protein nabati, karena berfungsi ganda bagi pemenuhan kebutuhan gizi maupun pelayanan masyarakat (Rukmana, 1994).

Jenis bayam yang biasa di budidayakan oleh para petani di Indonesia, yaitu pertama, jenis bayam cabut terlihat pada **Gambar 2.2**. Bayam cabut dibagi atas bayam hijau dan bayam merah. Cirinya, lebar daun relatif kecil, untuk jenis bayam hijau maka warnanya hijau terang agak keputih-putihan, untuk bayam merah warnanya merah hati cenderung gelap. Jenis kedua, bayam berdaun lebar atau bayam raja. Warna daunnya hijau tua cenderung keabu-abuan, tumbuh berdiri tegak. Cara panen bayam raja ini bisa diotong atau dicabut.



Gambar 2.2 Contoh Bayam Cabut (Gunnars, 2017)

Selain itu, bayam juga diyakini sebagai bahan obat tradisional, dan kosmetik kecantikan. Daun dan bunga bayam duri berkhasiat untuk mengobati penyakit asma dan eksim. Bahkan sampai batas tertentu, bayam dapat mengatasi berbagai jenis penyakit dalam. Biji bayam digunakan untuk bahan makanan dan obat-obatan, ekstra biji bayam berkhasiat sebagai obat keputihan dan pendarahan yang berlebihan pada wanita yang sedang haid (Hadisoeganda,1996).

2.3 Kangkung

Kangkung darat (*Ipomoea reptans poir*) **Gambar 2.3** merupakan sayuran yang bernilai ekonomi dan persebarannya meluas cukup pesat di daerah Asia Tenggara. Kangkung darat

umumnya dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia dan dapat menjadi salah satu menu dirumah-rumah makan. Kangkung jenis ini memiliki daun panjang, ujung agak runcing, warna hijau keputih-putihan dan bunga putih. Kangkung merupakan tanaman menetap yang dapat tumbuh lebih dari satu tahun, di dataran rendah sampai dataran tinggi 2000 *mdpl* (Rukmana, 1994).

Tanaman kangkung memiliki kandungan gizi yang lengkap diantaranya protein, lemak, karbohidrat, serat, kalsium, fosfor, zat besi, natrium, kalium, vitamin A,B,C dan karoten. Selain itu, tanaman kangkung berfungsi sebagai tanaman obat untuk menyembuhkan sembelit, menenangkan syaraf dan obat penyakit wasir (Sawasemaria,2012). Meski harga sayuran kangkung relatif lebih murah, namun jika dibudidayakan secara intensif dan berorientasi ke arah agribisnis akan memberikan keuntungan yang cukup besar bagi petani. Peluang besar pemasaran bukan hanya terbatas pada pasar lokal, akan tetapi juga pada pasar swalayan.

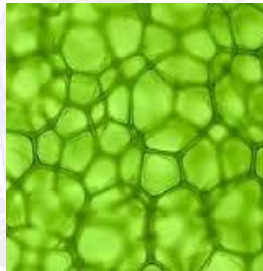


Gambar 2.3 Kangkung Darat (Wiratsongko,2014)

2.4 Klorofil (Zat Hijau Daun)

Setiap tanaman memiliki daun pada batang tumbuhnya, perubahan warna daun bergantung pada kandungan klorofil (zat hijau daun **Gambar 2.3**). klorofil merupakan pigmen warna hijau yang terdapat pada kloroplas. Pada tumbuhan tingkat

tinggi, kloroplas terutama terdapat pada jaringan *parenkim palisade* dan *parenkim spons* daun. Kandungan utama yang terdapat dalam *kloroplas* adalah klorofil dan *karetenoid* serta *xantofil* (Salisbury dan Ross, 1992). *Karetenoid* dikenal sebagai *prekursor* vitamin A, dikembangkan sebagai efek *protektif* melawan sel kanker, penyakit jantung, mengurangi penyakit mata, *antioksidan*, dan *regulator* dalam sistem imun tubuh. Selain itu, nutrisi dalam klorofil diantaranya vitamin C, E, K, magnesium, kalsium, asam lemak *essensial*, dan zat besi. Kesemuanya nutrisi tersebut menjadi *antioksidan* dalam tubuh manusia. (Kurniawan, et.all.,2010).



Gambar 2.4 Zat Hijau Daun (Github. Inc, US,2016)

Kloroplas terutama berfungsi sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis. Pigmen-pigmen pada membran *tilakoid* akan menyerap cahaya lainnya dan mengubah energi cahaya tersebut menjadi energi kimia dalam bentuk *adenosin trifosfat (ATP)* (Lakitan, 2001). Menurut Salaki (2000), bahwa tumbuhan tingkat tinggi, klorofil a dan klorofil b merupakan pigmen utama fotosintetik, yang berperan menyerap cahaya violet, biru, merah dan memantulkan cahaya hijau. Klorofil a mampu menyerap *sprektum* cahaya merah, ungu dan biru dalam proses fotosintesis sedangkan klorofil b mampu menyerap cahaya jingga dan biru serta memantulkan cahaya hijau dan kuning dalam proses fotosintesis.

Sifat fisik klorofil adalah menerima dan atau memantulkan cahaya dengan gelombang yang berlainan (berpendar = *berfluoresensi*). Klorofil banyak menyerap sinar dengan panjang gelombang antara 400-700 nm, terutama sinar merah dan biru. Sifat kimia klorofil, antara lain (1) tidak larut dalam air, melainkan larut dalam pelarut organik yang lebih polar, seperti *etanol* dan *kloroform*; (2) Inti Mg akan bergeser oleh H bila dalam suasana asam, sehingga membentuk suatu persenyawaan yang disebut *feofitin* yang berwarna coklat (Dwidjoseputro, 1994)

2.5 Citra Digital

Pengolahan *citra digital* adalah sebuah disiplin ilmu yang mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan perbaikan kualitas gambar (peningkatan kontras, *transformasi*, warna, *restorasi citra*), *transformasi* gambar (rotasi, *transaksi*, *transformasi geometrik*), melakukan pemilihan *citra* ciri (*feature images*) yang optimal untuk tujuan analisis, melakukan proses penarikan informasi atau deskripsi objek atau pengenalan objek yang terkandung pada *citra*, melakukan kompresi atau reduksi data untuk tujuan penyimpanan data, transmisi data, dan waktu proses data. Input dari pengolahan *citra* adalah *citra*, sedangkan outputnya adalah *citra* hasil pengolahan (Sutoyo et al., 2009).

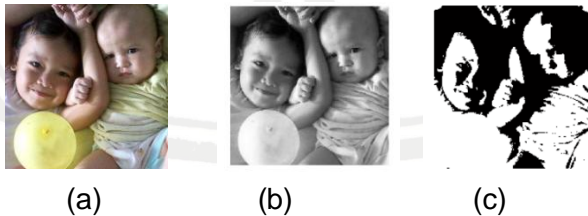
Menurut Sandra dan Hendrawan (2015), ada 3 jenis *citra* yang umum digunakan dalam pemrosesan *citra digital*. Ketiga jenis citra tersebut yaitu *citra* berwarna, *citra* berskala keabuan dan *citra biner*. *Citra* berwarna atau sering dikenal dengan *citra* RGB, merupakan jenis *citra* yang tersusun oleh komponen R (merah), G (Hijau), dan B (Biru). Masing-masing komponen menggunakan data sebesar 8 bit (nilainya berkisar antara 0 sampai 255), sehingga warna yang dapat disajikan oleh satu *citra* RGB adalah sebesar $255 \times 255 \times 255 =$

16.580.375 warna. Itulah sebabnya format ini dinamakan *true color* karena mempunyai jumlah warna yang cukup besar sehingga bisa dikatakan hampir mencakup semua warna alam. Model warna RGB merupakan model warna adiktif, yaitu warna dibentuk dengan mengkombinasi energi cahaya dari ketiga warna pokok dalam berbagai perbandingan.

Menurut Kadir dan Susanto (2013), *citra* keabu-abuan hanya mengandung gradasi warna hitam dan putih yang menghasilkan warna abu-abu. Pada jenis gambar ini, warna dinyatakan dengan intensitas. Intensitas gambar keabu-abuan berkisar antara 0 sampai 255. Nilai 0 menyatakan warna hitam dan 255 menyatakan warna putih. Menurut Hendrawan dan Murase (2010), *citra* berskala keabu-abuan didapatkan dari persamaan berikut:

$$\text{Grayscale} = 0.3R + 0.59G + 0.11B \quad (2.1)$$

Citra Biner (Monokrom) adalah *citra* dengan setiap *pixel* yang hanya dinyatakan dengan sebuah nilai dari dua kemungkinan (yaitu nilai 0 dan 1). Nilai 0 pada *citra biner* menyatakan warna hitam dan nilai 1 menyatakan warna putih. *Citra biner* didapatkan dari proses *thresholding citra* berskala keabu-abuan. Jenis *citra* ini sering digunakan dalam pemrosesan *citra*, misalnya difungsikan untuk memperoleh tepi dari sebuah *citra*. Contoh ketiga jenis *citra* tersebut diatas dapat dilihat pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5 Contoh Citra (a)Warna,(b) Keabuan,(c)*Biner* (Putra,2010)

Citra digital yang telah diperoleh nantinya akan dimodelkan ke dalam beberapa model warna. Model warna adalah sebuah sistem koordinat yang bisa memetakan semua warna dalam suatu sistem dengan sebuah titik. Pada **Tabel 2.1** memperlihatkan beberapa model warna yang paling penting dan deskripsi serta pemakaiannya.

Tabel 2.1 Model Warna

Model	Deskripsi
RGB	Merah, Hijau, dan Biru (warna pokok). Sebuah model warna pokok adiktif.
CMY (K)	<i>Cyan</i> , <i>Magenta</i> , kuning (dan Hitam). Sebuah model warna <i>subtraktif</i> .
YcbCr	<i>Luminase</i> (Y) dan dua komponen <i>chrominasi</i> (Cb dan Cr), digunakan dalam vidio digital seperti siaran televisi sama dengan model YIQ (Y untuk luminasi, I untuk Hue dan Q untuk saturasi)
HSB/HSL/HIS	<i>Hue</i> , <i>Saturation</i> , dan Intensitas. Berdasarkan persepsi manusia terhadap warna.

Sumber: Sandra dan Hendrawan (2015)

2.5.1 RGB (Red, Green, Blue)

Model warna RGB berorientasi pada *hardware*, terutama untuk warna monitor dan warna pada kamera video. Pada model ini tiap area menunjukkan dengan kombinasi tiga warna primer yaitu merah, hijau dan biru. Masing-masing warna ini memiliki nilai 8 bit. Campuran ketiga warna primer tersebut dengan proporsi yang seimbang akan menghasilkan nuansa warna kelabu. Jika ketiga warna ini di saturasikan penuh maka

akan menghasilkan warna putih. Pembagian nilai RGB ke bentuk warna lain dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Nilai RGB dan Pembentukan Warna Lain

Warna	R	G	B
Merah	255	0	0
Hijau	0	255	0
Biru	0	0	255
Hitam	0	0	0
Putih	255	255	255
Kuning	0	255	255

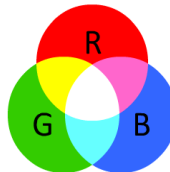
Sumber: Sandra dan Hendrawan (2015)

Berdasarkan **Tabel 2.2** warna tersebut dapat dikomposisikan seperti pada **Gambar 2.6** Model warna RGB dapat juga dinyatakan dalam bentuk indeks warna RGB dengan rumus seperti yang dijelaskan pada persamaan (1),(2), dan (3):

$$\text{Indeks warna merah (I}_{\text{red}}) = \frac{R}{R+G+B} \quad (2.2)$$

$$\text{Indeks warna hijau (I}_{\text{green}}) = \frac{G}{R+G+B} \quad (2.3)$$

$$\text{Indeks warna biru (I}_{\text{blue}}) = \frac{B}{R+G+B} \quad (2.4)$$



Gambar 2.6 Kombinasi Warna RGB

2.5.2 Transformasi RGB ke HSL

Proses *transformasi (konversi)* warna RGB ke HSL, diawali dengan penentuan nilai *Red*, *Green* dan *Blue*. Selanjutnya, ditentukan nilai maksimum dan minimum dari *Red*, *Green* dan *Blue*. Jika nilai maksimum sama dengan nilai minimum maka nilai *Hue* tidak terdefiniskan, sedangkan nilai *Saturation* adalah nol. Namun, jika nilai maksimum tidak sama dengan nilai minimum maka dapat dicari nilai *Lightness*. Setelah didapatkan nilai *Lightness*, maka selanjutnya adalah mencari nilai *Saturation*. Kemudian setelah didapat nilai *Lightness* dan *Saturation*, maka proses selanjutnya adalah mencari nilai *Hue* dari nilai maksimum yang didapat sebelumnya. Berikut langkah *konversi* warna dari sistem warna RGB ke warna HSL (Widiastuti et al., 2008) :

- 1) Input nilai R, G, B diubah ke dalam jangkauan (0,1) dengan membagi setiap nilai dengan 255.
- 2) Menentukan nilai maksimum R, G, B dengan cara,
 $C_{max} = \max(R, G, B)$
- 3) Menentukan nilai minimum R, G, B dengan cara,
 $C_{min} = \min(R, G, B)$
- 4) Jika $C_{max} = C_{min}$ maka, nilai H (*hue*) = *Undefined*, dan nilai S = 0
- 5) Jika $C_{max} \neq C_{min}$
 - a Mencari nilai L dengan cara;

$$L = \frac{(C_{max} + C_{min})}{2} \quad (2.5)$$

- b Jika nilai $L \leq 0,5$ maka dapat mencari nilai S dengan cara;

$$S = \frac{(C_{max} - C_{min})}{(C_{max} + C_{min})} \quad (2.6)$$

- c Jika nilai $L \geq 0,5$ maka nilai S dapat diperoleh dengan cara;

$$S = \frac{(C_{max} - C_{min})}{2 - (C_{max} - C_{min})} \quad (2.7)$$

- d Jika nilai R adalah nilai maksimum maka nilai H didapat dengan cara;

$$H = \frac{(G - B)}{(C_{max} - C_{min})} \quad (2.8)$$

- e Jika nilai G adalah nilai maksimum maka nilai H didapat dengan cara;

$$H = 2 + \frac{(B - R)}{(C_{max} - C_{min})} \quad (2.9)$$

- f Jika nilai B adalah nilai maksimum maka nilai H didapat dengan cara,

$$H = 4 + \frac{(R - G)}{(C_{max} - C_{min})} \quad (2.10)$$

6) Selesai

2.5.3 Transformasi RGB ke HSV

Begitu halnya dengan HSL, maka warna RGB juga harus dikonversikan menjadi model warna HVS. Berikut adalah persamaan-persamaan untuk mengkonversi RGB ke HSV:

$$1) \quad r = \frac{R}{R+G+B}, \quad g = \frac{G}{R+G+B}, \quad b = \frac{B}{R+G+B} \quad (2.11)$$

$$2) \quad V = \max(r, g, b)$$

$$3) \quad H = \begin{cases} 0 & \text{Jika } S = 0 \\ \frac{60 \times (g - b)}{S \times V} & \text{Jika } V = r \\ 60 \times \left(2 + \frac{b - r}{S \times V} \right) & \text{Jika } V = g \\ 60 \times \left(4 + \frac{r - g}{S \times V} \right) & \text{Jika } V = b \end{cases} \quad (2.12)$$

$$4) \quad s = \begin{cases} 0 & \text{Jika } V = 0 \\ V - \frac{\min(r,g,b)}{V} & \text{Jika } V > 0 \end{cases} \quad (2.13)$$

$$5) \quad H = H + 360 \quad \text{Jika } H < 0 \quad (2.14)$$

2.5.4 HSL (*Hue, Saturation, Lightness*)

Persepsi warna pada umumnya memasukan parameter yang disebut *hue, saturation, dan brightness (lightness)*. **Gambar 2.7** menyatakan bahwa *Hue* digunakan untuk mengidentifikasikan nama dari sebuah warna sebenarnya misal merah, kuning atau biru.



Gambar 2.7 Model Warna HSL (Webdesigner Depot Staff,2009)

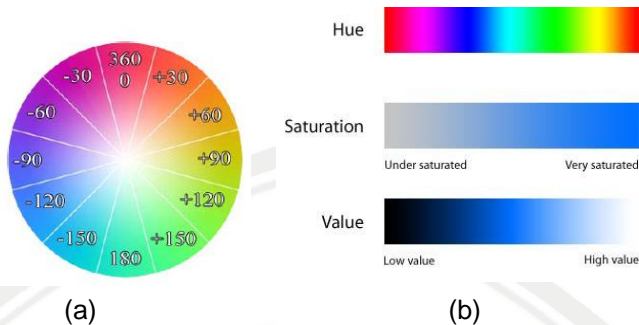
Jika sumber cahaya adalah monokrom maka *Hue* digunakan sebagai indikasi dari panjang gelombang cahaya. *Saturation* menyatakan tingkat kemurnian warna cahaya yaitu mengukur presentase warna putih yang ditambahkan ke dalam warna murni yang ukurannya dalam bentuk presentase 0 % (*gray*) dan 100 % (*full saturated*). Sebagai contoh merah merupakan warna yang memiliki saturasi tinggi sedangkan merah muda memiliki saturasi rendah. *Lightness (intensity)* menunjukkan intensitas cahaya yang diterima tanpa mempedulikan warna (Sandra dan Hendrawan, 2015).

2.5.5 HSV (Hue, Saturation, Value)

Model HSV (*Hue, saturation, value*) menunjukkan ruang warna dalam bentuk tiap komponen utama yaitu *hue, saturation*, dan *value (brightness)*. *Hue* adalah lingkaran warna sudut dari 0 sampai 360 derajat seperti pada **Gambar 2.8**. Angka 0 pada lingkaran menyatakan warna merah, 60° adalah kuning, 120° adalah hijau, 180° adalah cyan, 240° adalah biru, dan 300° adalah warna *magenta*. *Hue* menunjukkan jenis warna merah, biru dan kuning, serta pada corak warna yaitu tempat warna tersebut ditemukan dalam spektrum warna. *Saturation* merupakan ukuran seberapa besar kemurnian dari warna tersebut, salah satu contoh yaitu semua warna yang semuanya tanpa ada warna putih adalah saturasi penuh.

Komponen ketiga dari HSV adalah *value* yaitu ukuran seberapa besar kecerahan dari suatu warna atau seberapa besar cahaya datang dari suatu warna. *Value* dapat bernilai dari 0 % hingga 100 %. Suatu warna dengan nilai *saturation* 100 % akan tampak secerah mungkin dan warna dengan nilai *value* 0 akan tampak gelap. Sebagai contoh **Gambar 2.8** jika *hue* adalah biru dan *value* bernilai tinggi maka warna kelihatan cerah tapi ketika nilai *value* rendah maka warna tersebut akan kelihatan gelap. Nilai *value* dapat dihitung dengan menjumlahkan nilai *intensitas* warna merah, hijau dan biru (RGB) setiap *pixel* dari *citra* sehingga diperoleh algoritma untuk *citra* dengan persamaan (2.15) sebagai berikut (Sandra dan Hendrawan, 2015):

$$I = \frac{R+G+B}{3} \quad (2.15)$$



Gambar 2.8 (a) Lingkaran Warna *Hue* dan (b) Model Warna HSV (Techfry, 2014)

2.6 Jaringan Saraf Tiruan

Sejarah perkembangan jaringan saraf tiruan (*Artificial Neural Network*) telah dimulai pada tahun 1940 dengan mengasosiasikan cara kerja otak manusia ke dalam logika *numeric* yang diadaptasi dari peralatan komputer. Jaringan Saraf tiruan dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari jaringan saraf biologi, dengan asumsi bahwa (Sandra dan Hendrawan, 2015) :

1. Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen sederhana (*neuron*).
2. Sinyal dikirim diantara *neuron-neuron* melalui penghubung-penghubung.
3. Penghubung antar *neuron* memiliki *bobot* yang akan memperkuat atau memperlemahkan sinyal.
4. Untuk menentukan *output*, setiap neuron menggunakan fungsi aktivasi (biasanya bukan *si linear*) yang dikenakan pada jumlah *input* yang diterima. Besarnya *output* ini selanjutnya dibandingkan dengan suatu batas ambang.

Berdasarkan dari arsitektur (pola koneksi), jaringan syaraf tiruan dapat digolongkan menjadi dua kategori :

2.6.1 Struktur *Feedforward*

Sebuah jaringan sederhana yang mempunyai struktur *feedforward*, dimana *signal* bergerak dari *input* kemudian melewati lapisan tersembunyi dan akhirnya mencapai unit *output*. Lapisan tersembunyi dan lapisan *output* sel syaraf terhubung satu sama lain dengan lapisan sebelumnya. Kemungkinan yang timbul adalah hubungan dengan beberapa unit dari lapisan sebelumnya atau terhubung semuanya dengan lebih baik. Beberapa jenis struktur *feedforward* diantaranya *single-layer perceptron*, *multilayer perceptron*, *radial-basic function network*, *higher-order network* dan *polynomial learning network*. Sebagai contoh jaringan struktur *feedforward* adalah *backpropagation*.

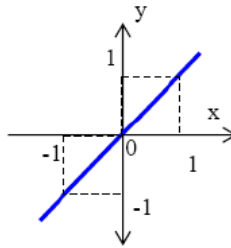
2.6.2 Struktur *Recurrent (Feed Back)*

Struktur ini terjadi jika suatu jaringan berulang (mempunyai koneksi kembali dari *output* ke *input*) yang akan menimbulkan ketidakstabilan dan akan menghasilkan dinamika yang sangat kompleks. Ketika sebuah jaringan syaraf digunakan, *input* dari nilai suatu variabel ditempatkan dalam suatu *input* unit dan kemudian unit lapisan tersembunyi dan lapisan *output* menjalankannya. Setiap lapisan tersebut menghitung nilai aktivasi dengan mengambil jumlah *bobot output* dari setiap unit dari lapisan sebelumnya dan kemudian dikurangi dengan nilai ambang nilai aktifasi. Kemudian melalui fungsi aktivasi untuk menghasilkan *output* dari sel syaraf. Ketika semua unit pada jaringan syaraf telah dijalankan maka aksi dari lapisan *output* merupakan *output* dari seluruh jaringan syaraf. Jaringan saraf tiruan ditentukan oleh 3 hal :

1. Pola hubungan antar *neuron* disebut arsitektur jaringan
2. Metode untuk menentukan *bobot* penghubung disebut metode *training/learning/algorithm*.
3. Fungsi aktivasi

Fungsi aktivasi bertugas mentransfer total *input* jaringan syaraf tiruan pada suatu *neuron* untuk menghasilkan sinyal keluaran (*outgoing activity*). Fungsi aktivasi terdiri dari :

1. **Fungsi Identitas**, sering dikenal dengan fungsi *linear* dan bentuk kurva terlihat jelas pada **Gambar 2.9**. Fungsi *Linear* memiliki *output* yang sama dengan nilai *inputnya* $y = x$ atau $f(x) = x$



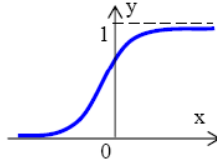
Gambar 2.9 Kurva Fungsi Identitas

2. Fungsi *Sigmoid Binary* (kurva dengan bentuk S)

Fungsi *sigmoid binary* memiliki range 0 sampai 1, sering digunakan untuk menghasilkan *output* yang diinginkan bernilai *binary* atau berada pada interval 0 dan 1 serta terlihat jelas pada kurva **Gambar 2.10**. Fungsi ini sangat cocok pada penggunaan *neural network* karena hubungan yang cukup sederhana antara nilai fungsi pada sebuah point dan nilai dari *derivatif* pada point itu mengurangi hambatan komputasi selama *training*. Persamaan fungsi *sigmoid biner* dinyatakan sebagai berikut:

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(-\sigma x)} \quad (2.16)$$

$$f'(x) = \sigma f(x)[1 - f(x)] \quad (2.17)$$



Gambar 2.10 Kurva Fungsi Sigmoid Biner

3. Fungsi *Sigmoid Bipolar*

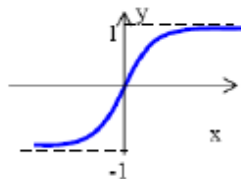
Fungsi *sigmoid bipolar* adalah fungsi *logistik* yang memiliki range *output* dari -1 hingga 1. Fungsi ini sering dikenal dengan fungsi *tangen hiperbolik*, dengan bentuk persamaan berikut:

$$g(x) = 2f(x) - 1 = \frac{1}{1 + \exp(-\sigma x)} - 1 \quad (2.18)$$

$$= \frac{1 - \exp(-\sigma x)}{1 + \exp(-\sigma x)}$$

$$g'(x) = \frac{\sigma}{2} [1 + g(x)][1 - g(x)] \quad (2.19)$$

$$= \frac{2}{(1 + \exp(-2 \sigma x))} - 1$$



Gambar 2.11 Kurva Fungsi *Tangen Hiperbolik*

Menurut Kadir dan Susanto (2013), beberapa aplikasi jaringan saraf tiruan adalah sebagai berikut :

1. Pengenalan pola (*Pattern Recognize*)

Jaringan saraf tiruan dapat dipakai untuk mengenali pola (misal huruf, angka, ataupun tanda tangan) yang sudah sedikit berubah. Hal ini mirip dengan otak manusia yang masih mampu mengenali orang yang sudah tidak bertemu.

2. *Signal Processing*

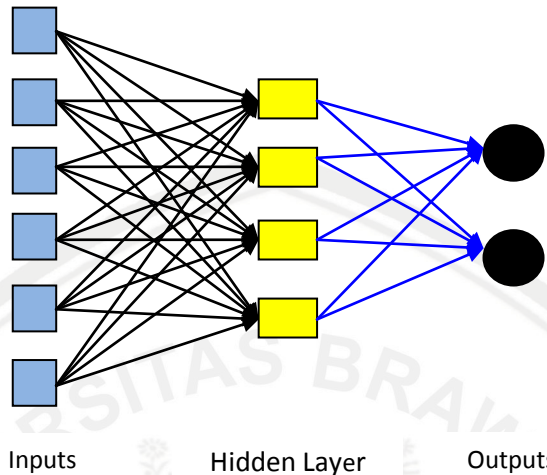
Jaringan saraf tiruan (*Model ADALINE*) dapat dipakai untuk menekan *noise* dalam saluran telpon.

3. Peramalan

Jaringan saraf tiruan juga dapat dipakai untuk meramalkan apa yang terjadi di masa yang akan datang berdasarkan pola kejadian yang ada dimasa lampau. Hal ini dapat dilakukan mengingat kemampuan jaringan saraf tiruan untuk mengingat dan membuat generalisasi dari apa yang sudah ada sebelumnya.

2.6.3 Model Dasar Jaringan Saraf Tiruan

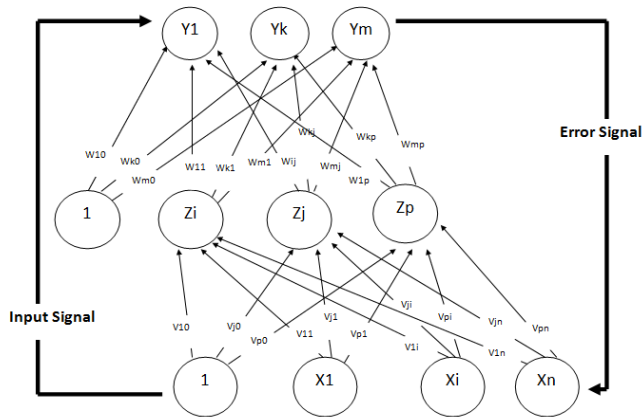
Jaringan syaraf tiruan terdiri dari 3 kelompok lapisan ,yaitu lapisan masukan (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan lapisan keluaran (*output layer*) secara sederhana dapat dilihat pada **Gambar 2.12**. Aktivitas unit-unit lapisan input menunjukkan informasi dasar yang kemudian digunakan dalam dasar jaringan saraf tiruan. Aktivitas setiap unit dari lapisan tersembunyi ditentukan oleh aktifitas dari unit-unit *input* dan *bobot* dari koneksi antara unit-unit *input* dan unit-unit lapisan tersembunyi. Karakteristik dari unit-unit *output* tergantung dari aktifitas unit-unit lapisan tersembunyi dan *bobot* antara unit-unit lapisan tersembunyi dan unit *output*.



Gambar 2.12 Struktur Jaringan Saraf Tiruan Satu Hidden Layer
(Sutoyo et al., 2011)

2.6.4 *Backpropagation*

Backpropagation jaringan berfungsi untuk melatih jaringan mendapatkan keseimbangan antara kemampuan jaringan untuk mengenali pola yang digunakan selama pelatihan serta kemampuan jaringan untuk memberikan respon yang benar terhadap pola masukan yang serupa (tapi tidak sama) dengan pola yang dipakai selama pelatihan. *Backpropagation* memiliki beberapa unit yang ada yaitu satu atau lebih layer tersembunyi. **Gambar 2.13** adalah arsitektur *backpropagation* dengan n buah masukan (ditambah sebuah *bias*), sebuah layer tersembunyi yang terdiri dari p unit (ditambah sebuah *bias*), serta m buah unit keluaran (Pangrestu dan Widiastuti, 2014).



Gambar 2.13 Struktur Jaringan Backpropagation (Sutoyo et all., 2011)

V_{ji} merupakan *bobot* garis dari unit masukan X_i ke unit layar tersembunyi Z_i (V_{j0} merupakan *bobot* garis yang menghubungkan *bias* di unit masukan ke unit layar tersembunyi Z_i). W_{kj} merupakan *bobot* dari unit layar tersembunyi Z_j ke unit keluaran Y_k (W_{k0} merupakan *bobot* garis yang menghubungkan *bias* di layar tersembunyi ke unit keluaran Y_k (Pangrestu dan Widiastuti, 2014).

2.6.5 Pembelajaran Jaringan Saraf Tiruan

Pembelajaran (*Learning*) merupakan *algoritma* yang digunakan dalam penentuan pembobot pada jaringan syaraf tiruan. Ada dua tipe dari proses pembelajaran yang sering dikenal dengan pembelajaran yang terawasi (*Supervised Learning*) dan pembelajaran yang tak terawasi (*Unsupervised Learning*). Pada pembelajaran yang terawasi, metode ini digunakan jika *output* yang diharapkan telah diketahui sebelumnya. Biasanya pembelajaran ini dilakukan dengan menggunakan data yang telah ada.

Selama proses pembelajaran, nilai *bobot* disusun dalam suatu *range* tertentu tergantung pada nilai *input* yang diberikan.

Selain itu, faktor *bobot* akan mengalami perubahan dan jika tahapan belajar telah selesai maka nilai-nilai faktor *bobot* yang dihasilkan akan disimpan dan digunakan sebagai faktor *bobot* yang terpakai. Tujuan pembelajaran ini adalah mengelompokkan unit-unit yang hampir sama dengan suatu area tertentu. Contoh *algoritma* yang menggunakan metode *supervised* adalah *Delta rule*, *Backpropagation*, *Hebian* dan *Stokastik* (Arymurty dan Suryana,1992).

Algoritma pembelajaran *Backpropagation* pada jaringan dengan satu layer tersembunyi untuk fungsi aktivasi *sigmoid biner* adalah sebagai berikut :

- Langkah 0 :Inisialisasi semua *bobot* dengan bilangan acak kecil.
- Langkah 1 :Ulangi langkah 2 hingga 9 sampai kondisi akhir *iterasi* yang diinginkan terpenuhi.
- Langkah 2 :Untuk masing-masing pasangan data pelatihan (*training data*) lakukan langkah 3 hingga 8.

a Fase I Propagasi maju (*Feedforward*)

- Langkah 3 :Masing-masing unit masukan (X_i , $i = 1,...,n$) menerima sinyal masukan X_i dan sinyal tersebut disebarkan ke unit-unit bagian berikutnya (unit-unit lapisan tersembunyi)
- Langkah 4 :Hitung semua keluaran di unit tersembunyi z_j ($j=1,2,...,p$)

$$z_{net_j} = V_{oj} + \sum_{i=1}^n X_i V_{ji} \quad (2.20)$$

Kemudian menghitung sesuai dengan fungsi ativasi yang digunakan:

$$Z_f = f(z_{net_j}) \quad (2.21)$$

Bila yang digunakan adalah fungsi *sigmoid* maka bentuk fungsi tersebut adalah :

$$Z_j = \frac{1}{1+\exp(-Z_{net_j})} \quad (2.22)$$

Kemudian mengirim sinyal tersebut ke semua unit keluaran.

Langkah 5 :Masing-masing unit keluaran (Y_k , $k = 1,2,3,\dots,m$) dikalikan dengan faktor penimbang dan dijumlahkan:

$$Y_{net_k} = W_{ok} + \sum_{j=1}^p Z_j W_{jk} \quad (2.23)$$

Menghitung kembali sesuai dengan fungsi aktivasi

$$y_k = f(y_{net_k}) = \frac{1}{1+\exp(-y_{net_k})} \quad (2.24)$$

b Fase II = Propagasi mundur

Langkah 6 :Hitung Faktor δ unit keluaran berdasarkan kesalahan disetiap unit (Y_k , $k = 1,2,\dots,m$)

$$\delta_k = (t_k - y_k)f'(y_{net_k}) \quad (2.25)$$

Karena $f'(y_{net}) = y_k$ menggunakan fungsi *sigmoid*, maka :

$$\begin{aligned} f(y_{net_k}) &= f(y_{net_k})(1 - f(y_{net_k})) \\ &= y_k (1 - y_k) \end{aligned}$$

$$\delta_k = (t_k - y_k)f'(y_{net_k}) = (t_k - y_k)y_k(1 - y_k) \quad (2.26)$$

δ_k merupakan unit kesalahan yang akan dipakai dalam perubahan *bobot* layar dibawahnya (langkah 7). Selanjutnya, menghitung suku perubahan *bobot* w_{jk} (yang akan dipakai nanti untuk merubah *bobot* w_{jk}) dengan laju percepatan α

$$\Delta W_{jk} = \alpha \cdot \delta_k Z_j ; \quad k=1,2,3,...; j=0,1,...,p \quad (2.27)$$

Langkah 7 :Menghitung faktor δ unit tersembunyi berdasarkan kesalahan di setiap unit tersembunyi (z_j , $j = 1,2,...,p$) dikalikan *delta*

$$\delta_{netj} = \sum_{k=1}^m \delta_k W_{jk} \quad (2.28)$$

Selanjutnya dikalikan dengan turunan dari fungsi aktifasinya untuk menghitung *galat*.

$$\delta_j = \delta_{netj} f'(z_{netj}) = \delta_{netj} z_j (1 - z_j) \quad (2.29)$$

Kemudian menghitung suku perubahan *bobot* V_{ij} (untuk memperbaiki V_{ij})

$$\Delta V_{ij} = \alpha \cdot \delta_j X_i ; \quad j=1,2,...,p ; i=0,1,...,n \quad (2.30)$$

c Fase III perubahan Bobot

Langkah 8 :Hitung semua perubahan *bobot*. Perubahan *bobot* garis yang menuju ke unit keluaran:

$$W_{jk} \text{ (baru)} = W_{jk} \text{ (lama)} + \Delta W_{jk} \quad (2.31)$$

$$(k=1,2,...,m; j=0,1,...,n)$$

Perubahan *bobot* garis menuju unit tersembunyi:

$$V_{ji} \text{ (baru)} = V_{ji} \text{ (lama)} + \Delta V_{ji} \quad (2.32)$$

$$(j=1,2,...,p; i=0,1,...,n)$$

Setelah pelatihan selesai dilakukan, maka jaringan dapat dipakai untuk pengenalan pola. Dalam hal ini, hanya propagasi maju (langkah 4 dan 5) saja yang digunakan untuk menentukan keluaran jaringan. Apabila fungsi aktivasi yang digunakan bukan *sigmoid biner*, maka langkah 4 dan 5 harus disesuaikan. Demikian juga turunannya pada langkah 6 dan 7. Jika data yang

akan dilatih dengan jaringan syaraf tiruan memiliki angka yang lebih besar, maka terlebih dahulu harus dikonversikan menjadi angka dengan *range* -1 hingga 1 dengan persamaan sebagai berikut:

$$x_i = 2 \left(\frac{z_i - z_i^{\min}}{z_i^{\max} - z_i^{\min}} \right) - 1 \quad (2.33)$$

Keterangan:

- x_i = Nilai *normalisasi*
- z_i = Nilai terpilih masing-masing input
- z_i^{\min} = Nilai minimum pada data z_i
- z_i^{\max} = Nilai maksimum pada data z_i

Tahap akhir dari metode jaringan syaraf tiruan adalah dengan mengembalikan nilai *output* kedalam bentuk sebenarnya dengan melakukan *denormalisasi*, serta menghitung besar keakuratan jaringan yang dilatih dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$z_i = \frac{z_i^{\max}(x_i + 1) - z_i^{\min}(x_i - 1)}{2} \quad (2.34)$$

Keterangan:

- x_i = Nilai *neuron output* pada perhitungan sebelumnya
- z_i = Nilai *denormalisasi*
- z_i^{\min} = Nilai sampel yang terendah
- z_i^{\max} = Nilai sampel yang tertinggi

$$Akurasi (\%) = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|p_i - a_i|}{a_i}}{n} \right) \times 100 \% \quad (2.35)$$

Keterangan :

- p_i = Nilai dugaan *output* ulangan ke-i
- a_i = Nilai aktual *ouput* ulangan ke-i
- n = Jumlah contoh data

2.6.6 Referensi Terdahulu

Penelitian tentang jaringan syaraf tiruan dan citra digital banyak diimplementasikan pada kasus-kasus yang membutuhkan pengambilan keputusan lebih akurat dan objektif. Penelitian-penelitian terdahulu yang menjadi referensi penulis mengenai *citra digital* daun dan jaringan saraf tiruan, salah satunya adalah Jurnal dengan Judul: “ Identifikasi Penyakit pada daun tebu dengan *Gray Level Occurence Matrix* dan *Color Moments*”, yang dilakukan oleh Dewi dan Ginardi (2014). Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah citra digital, color moments dan *GLCM (Gray Level Occurance Matrix)*, dimana daun tebu difoto dengan kamera digital 5 MP, lalu dilakukan *Preprocessing* citra menjadi 2 bentuk yaitu citra keabuan dan citra dalam ruang warna.

Ekstraksi fitur tekstur dengan *GLCM* dan ekstraksi fitur warna dengan *color moments*, kemudian split data, menjadi data *training* dan *testing*. Klasifikasi daun tebu berpenyakit dengan metode *support vector machine*. Hasil penelitian ini adalah pemilihan fitur tekstur dengan *GLCM*, menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi 90,33% dan pemilihan fitur warna dengan *color moments*, diperoleh nilai akurasi 96%, sehingga sangat baik jika digunakan untuk merepresentasikan tekstur daun dan penyakit daun tebu melalui warna.

Penelitian yang dilakukan oleh Budisanjaya (2013), dengan judul “ Identifikasi *nitrogen* dan *kalium* pada daun sawi hijau menggunakan matriks *co-occurrence*, *moments* dan jaringan saraf tiruan”, diketahui bahwa metode yang digunakan adalah *citra digital Color Moment*, dengan nilai keluaran *mean*, *standart deviation* dan *skewness*, dilanjutkan dengan menggunakan metode *GLCM (Gray level Co Occurrence Matrnx)* untuk menganalisis fitur tekstur daun. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa metode *color moments*, *gray level co-occurence matrix* dan jaringan saraf tiruan

backpropagation dapat diimplementasikan dalam rancangan aplikasi untuk identifikasi *nitrogen* dan umur tanaman sawi hijau, dengan akurasi 97,82 %. Dan 78,70 %

Begitu pun dengan jurnal yang berjudul “Segmentasi citra daun tembakau berbasis deteksi tepi menggunakan algoritma *Canny*” oleh Kamal dan Basuki (2013). Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *citra digital* dan pendeteksi tepi *Canny*, yang merupakan salah satu algoritma tepi untuk mengidentifikasi batas-batas objek. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa penggunaan metode *Canny* pada deteksi tepi daun tembakau merupakan langkah yang tepat, karena menghasilkan *pixel* tepi minimum yang mendekati tepi sesungguhnya. Fiturnya dapat dikenali berdasarkan ukuran, bentuk, tekstur. Nilai rata-rata waktu proses yang berbeda, semakin besar pixel suatu gambar maka semakin lama waktu *roses* yang diperoleh. Namun jika seluruh *image* terlebih dahulu *diresize* dengan nilai tertentu, maka hasil waktu rata-rata hampir mendekati kesamaan.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian kali ini dilakukan pada bulan Juli 2017 hingga September 2017 bertempat di Laboratorium Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Serta di Jl.Terusan Sudimoro No.33 RT 09 RW 07. Kelurahan Mojolangu Kecamatan Lowokwaru.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat Pengolahan Citra Gambar

Alat yang digunakan dalam penelitian kali ini antara lain :

- 1 Kamera Digital *Nikon Coolpix A10 16.1 Mp* digunakan sebagai media pengambilan gambar.

Tabel 3.1 Spesifikasi Kamera Digital *Nikon Coolpix A10*

Uraian	Keterangan
Ukuran Sensor	1/ 2.3" CCD, 4608 x 3456 <i>pixels</i>
Efektif <i>Pixel</i>	16.1 <i>Megapixels</i>
Lensa	<i>NIKKOR</i> , 6 <i>elements in</i>
Panjang Fokal	4.6 sampai 23.0 mm
Celah/Lubang Lensa	f/ 3.4 (W) - 6.5 (T)
<i>Optical Zoom</i>	5 X <i>optical zoom</i>
<i>Digital Zoom</i>	0
<i>Shutter Speed</i>	1/ 2000 – 1 Sec.
<i>ISO Sensitivity</i>	Auto, 80 -1600
<i>Exposure Control</i>	-2.0 to +2.0 EV in steps of 1/3 EV
<i>Exposure Metering</i>	<i>Center-Weighted, Maxtrix, Spot</i>

Ukuran Layar	2.7 "
Tipe layar	230k-dot. TFT LCD with 5-Level Brightness Adjustment
Self Timer	10 Sec
Built in Flash	Yes
Flash Modes	TTL auto flash with monitor preflashes
Media Penyimpanan	SD/ SDHC / SDXC / Memory Card
Dimensi	96.4 x 59.4 x 28.9 mm (3.8 x 2.4 x 1.2 in) (WxHxD)
Berat	160 g (5.7 oz) (including batteries and SD memory card)

- 2 Kotak *Chamber/aquisition citra* sebagai tempat pengambilan gambar (penangkap gambar) daun sayuran. Keterangan terdapat pada **Tabel 3.2**. Tampilan kotak akusisi selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran. 8**.
- 3 4 buah lampu *bohlam* berdaya 5 watt dengan merek *foccus* yang digunakan sebagai sumber cahaya pengambilan gambar.
- 4 Matlab R2010b dan Microsoft Excel yang beroperasi pada Windows 7 sebagai media pengolahan gambar daun sayuran.

3.2.2 Alat Analisis Kadar Klorofil

Beberapa alat yang digunakan untuk menganalisis Kadar Klorofil diantaranya:

1. Pipet Tetes berfungsi sebagai alat bantu untuk mengambil *filtrate* klorofil.
2. Labu Takar 100 ml berfungsi sebagai alat ukur pelarut.

3. *Lumpang Porselen* berfungsi untuk menggerus daun sayuran menjadi halus.
4. Kertas atau Kain Saring berfungsi untuk menyaring dan memisahkan *filtrate* klorofil dari ampas daun.
5. *Spektrofotometer* sebagai alat pengujian nilai *absorbansi* filtrate klorofil.
6. Timbangan Digital sebagai alat penimbang daun sayuran sebesar 1 gram.
7. Tabung *Erlenmeyer* sebagai wadah penampung untuk menghomogeniskan pelarut dengan filtrate klorofil.
8. Pisau berfungsi untuk memotong daun menjadi bagian-bagian yang kecil.
9. Tabung *Cuvet* sebagai wadah *filtrate* klorofil untuk dianalisis pada *Spektrofotometer*.

3.2.3 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

- 1 Daun Sayuran terdiri dari daun Kangkung, singkong dan bayam sebagai bahan perlakuan.
- 2 Alkohol 96 % sebagai pelarut dalam analisis *klorofil*.

Daun singkong, kangkung dan bayam yang dipilih sebagai sampel diperoleh dari petani di Kecamatan Batu Kota Batu Malang. Daun singkong yang dipetik adalah daun singkong usia pohon 25 hingga 40 hari, dipilih daun pada urutan ketiga dari pucuk. Setelah dipetik lalu daun singkong dipisahkan antara cabang dengan daunnya. Selanjutnya sampel daun singkong dimasukan ke dalam kantong plastik, dan diberi nama pada tiap sampel dengan nama S1 hingga S 25.

Sampel daun kangkung dan bayam yang digunakan berumur 1 bulan yang telah siap panen. Daun yang dipilih merupakan daun dengan urutan kelima dari pucuk.

Pengambilan daun dilakukan pada pagi hari 07.00 WIB, dengan melihat kualitas warna daun yang baik secara *visual* (hijau sempurna tanpa penyakit/ berubah warna kekuningan). Begitupun dengan sampel daun singkong maka kangkung dan bayam diberi nama K1 hingga K23 untuk kangkung dan B1 hingga B24 untuk bayam.

3.3 Metode pengambilan citra daun

Penelitian kali ini dilakukan dengan menggunakan 72 sampel terdiri dari 23 sampel daun kangkung, 24 daun bayam dan 25 daun singkong. Selanjutnya pengambilan gambar dilakukan pada satu bagian sisi yaitu permukaan atas setiap daun sampel kangkung, singkong dan bayam, dengan menggunakan kamera digital *Nikon Coolpix A10 16.1 MP*. Daun sayuran diletakkan ke dalam kotak akusisi yang telah dirangkai, dengan latar belakang putih dan 4 buah lampu yang dipasang sebagai sumber cahaya dan kamera diletakkan diatas objek daun. Pengambilan gambar daun dilakukan hanya satu kali untuk setiap sampel, sehingga akan ada 72 data citra, yang digunakan sebagai data masukan (*input*), *training* (Pelatihan) dan *validasi* (Pengujian) dalam bahasa pemrograman.

Jarak kamera dengan daun yang akan diambil gambar tidak dapat ditentukan secara pasti, dikarenakan untuk memperoleh fokus gambar yang jernih tanpa *noise*, maka perlu dilakukan uji coba jarak fokus pengambilan beberapa kali hingga didapatkan gambar yang baik. Lama waktu pemetikan daun dengan proses pengambilan daun sekitar 1 jam, mengingat jarak tempuh yang cukup jauh terhadap lokasi pertanian.

Tabel 3.2 Spesifikasi dari kotak Akusisi

Uraian	Keterangan
Kondisi Lampu	5 watt <i>Foccus</i> (220-240 V AC 5060 Hz)
Latar	Kertas <i>Asturo</i> dan kalkir warna putih, hal ini dikarenakan dengan latar warna putih dapat memperjelas warna hijau daun, dibandingkan warna hitam, serta dapat mengurangi <i>noise</i> pada gambar.
Dimensi Kotak	50 cm x 40 cm x 40 cm

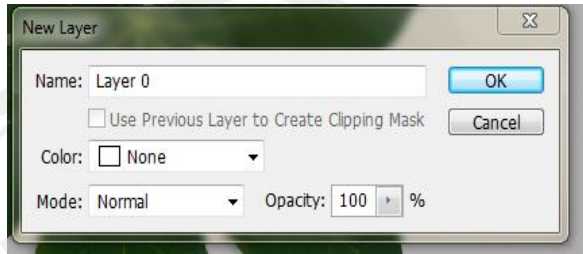
Citra hasil pengambilan gambar ini berukuran 4608 x 3456 *pixels*, sehingga perlu dilakukan pengecilan ukuran menjadi 300 x 400 *pixels* dengan *extension bmp*. agar proses ekstraksi gambar lebih cepat (tidak memerlukan waktu lebih lama) dan nantinya mudah dikenali oleh *Software MATLAB*. Sebelum demikian itu, *citra* tersebut harus terlebih dahulu dilakukan *Preprocessing* dengan penghilangan *Background* objek dengan *Software Adobe Photoshop CS*. Adapun prosedur penghilangan latar belakang (*Background*) pada *citra* sayuran adalah sebagai berikut:

- 1 Membuka jendela tampilan software *adobe photoshop*, kemudian memilih citra yang akan dihilangkan latar belakang gambar dengan menu *File-Open*. Selanjutnya, memotong gambar serapat-rapatnya hingga mendekati area objek, dengan menu *Croptool* (**Gambar 3.1**)



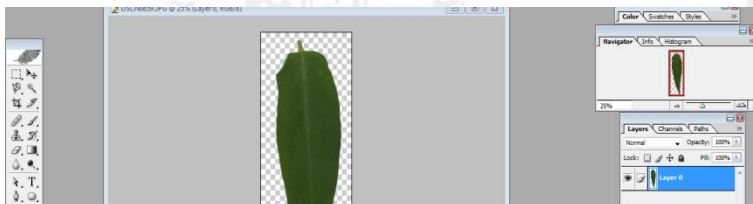
Gambar 3.1 Pemotongan Background dari Objek

- 2 Menghilangkan *background* dengan mengklik 2 kali pada status *background* (berada disamping layer) hingga muncul kotak dialog (**Gambar 3.2**) lalu klik ok agar status *background* menjadi layer 0.



Gambar 3.2 Kotak Dialog Layer

- 3 Pilih menu *magic wand tool* lalu *delete*, secara otomatis latar belakang (*background*) akan terhapus mengikuti bentuk objek. Jika masih tertinggal sisa *background*, bisa memanfaatkan tombol *shift*, sehingga tampilan berubah sebagai berikut **Gambar 3.3** :



Gambar 3.3 Tampilan Background yang Telah Hilang

- 4 Gambar yang tidak memiliki latar belakang tersebut, kemudian disimpan dalam format *bmp*. dengan ukuran gambar 300 x 400 *pixels* yang nantinya akan dianalisis lebih lanjut.

1.4. Analisa kadar klorofil pada sayuran

Analisa kadar klorofil total, klorofil a dan klorofil b pada daun sayuran dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, dengan menggunakan metode *destructive* (pengrusakan bahan uji untuk menganalisis kandungan bahan) dan *Uv-vis spektrofotometer* berdasarkan prosedur yang dilakukan oleh *Wintermans* dan *De mots* (1965) dengan pengukuran *Optical Density* (OD) pada panjang gelombang 645 nm dan 665 nm. Kandungan klorofil total daun (mg/g berat segar) dapat dihitung dengan persamaan (Iriyani dan Nugrahani, 2014):

$$\text{Klorofil a} = 13,7 \times OD\ 665 - 5,67\ OD\ 649 \text{ (mg/g)} \quad (3.1)$$

$$\text{Klorofil b} = 25,8 \times OD\ 649 - 7,70\ OD\ 665 \text{ (mg/g)} \quad (3.2)$$

$$\text{Klorofil Total} = 20,0 \times OD\ 649 + 6,10\ OD\ 665 \text{ (mg/g)} \quad (3.3)$$

$$OD = \text{Nilai absorbansi Klorofil (Optical Density)}$$



Gambar 3.4 Serangkaian perangkat uji *Spektrofotometer*

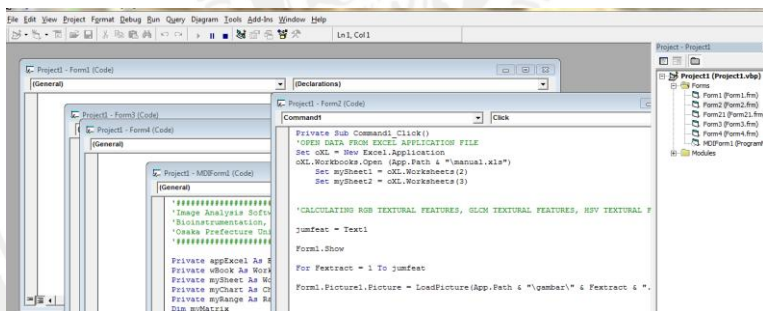
Perhitungan secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran 4**. Pengujian kali ini menggunakan alkohol 96 % sebagai pelarut. Bagian terpenting dari uji kadar klorofil tersebut adalah ekstrak klorofil harus dijauhkan dari paparan sinar matahari langsung maupun cairan asam dan basa, dikarenakan klorofil sangat bersifat tidak stabil dan lebih mudah rusak bila

terkena faktor tersebut, sehingga penyimpanan dan penutupan yang rapat akan menjaga kestabilan klorofil. Kandungan klorofil dinyatakan dalam mg per gram jaringan yang diekstraksi. Proses analisis kadar klorofil secara lengkap dapat dilihat pada **Gambar 3.11**.

1.5. Metode Pengolahan Data

3.5.1 Ekstraksi Citra Digital

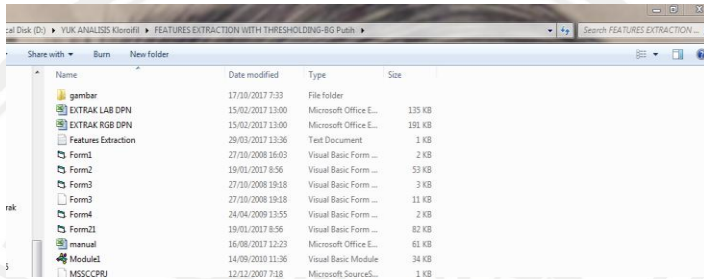
Citra daun singkong, kangkung dan bayam hasil *praprocessing*, selanjutnya dianalisis dengan metode citra digital. Tujuannya adalah untuk mengekstraksi ruang warna RGB, HSL dan HSV. Ekstraksi warna ini dilakukan dengan menggunakan program yang memiliki bahasa pemrograman yaitu *Features Extraction With Thresholding-BG Putih* yang diolah dengan menggunakan *software Visual Basic 6.0* (Hendrawan dan Murase, 2010). Bahasa program ini direpresentasikan pada **Gambar 3.5**.



Gambar 3.5 Tampilan Program Pada Visual Basic

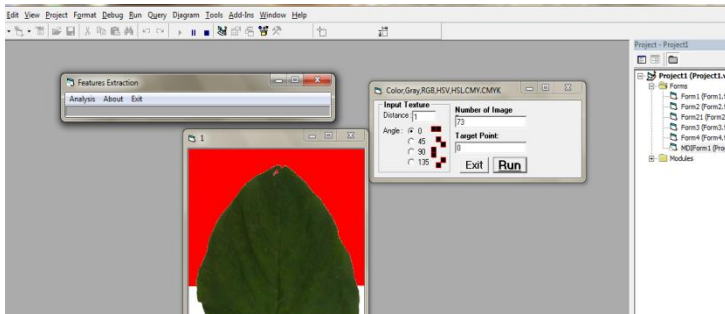
Adapun prosedur pengolahan citra daun sayuran adalah sebagai berikut :

1. Memulai dengan membuka program *Visual Basic 6.0*. Sebelum dilakukan *running* pada bahasa pemrograman maka semua citra sayuran hasil *praprocessing* dipindahkan ke dalam folder 'Gambar' pada file *Feature extraction With Thresholding –BG putih*, dapat dilihat posisi folder pada **Gambar 3.6**.



Gambar 3.6 Folder Gambar pada Pemrograman Citra Digital

2. Membuka file '*manual.xls*' yang terdapat pada file *Feature* untuk menyimpan hasil ekstraksi dalam bentuk numerik dalam satuan *pixels*. Selanjutnya membuka file '*project1*' klik tombol '*Start*' untuk memulai program ekstrak warna dan pilih *Analysis Feature Extraction (Color, Gray, RGB, HSV, HSL, CMY, CMYK)*, lalu mengatur jumlah data yang diekstrak pada kolom '*Number of Image*' dan klik tombol *Run*. Proses *Running* pun akan berlangsung, dengan ditandai warna putih yang berganti dengan warna merah. Proses ini akan berhenti jika semua data *citra* yang di pilih telah terekstrak keseluruhan dan terlihat jelas pada **Gambar 3.7**.



Gambar 3.7 Tampilan Proses Running Citra

- Hasil analisis warna daun akan disimpan dalam data berupa angka, seperti pada **Gambar 3.8**.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	File Name	R Mean	G Mean	B Mean	H Mean	S,Hel Mean	S,New Mean	L Mean	V Mean	X Mean	Y Mean	Z Mean	CMY,C Mean	CMY,M Mean	CMY,Y Mean	CMY,C Mean
1																
2	1	149	33	11	78.83777	0.750482	0.831906	0.330498	0.617853	21.91727	12.74849	1.786095	0.417712	0.872055	0.095656	0.149029
3	2	145	149	125	83.48556	0.278713	0.365413	0.053088	0.606775	44.52523	46.97552	49.49051	0.431028	0.415125	1.465834	0.485655
4	3	149	38	16	80.87759	0.696384	0.786177	0.341958	0.622709	21.76885	13.11689	2.114772	0.41609	0.850017	2.404826	0.137905
5	4	141	39	15	85.75214	0.696064	0.787091	0.32635	0.593538	20.37616	12.27415	2.021089	0.447664	0.846721	3.345421	0.151863
6	5	155	34	13	75.79149	0.742853	0.822718	0.345933	0.642841	22.84304	13.85622	1.953753	0.392742	0.866501	4.296397	0.132968
7	6	172	35	14	63.96624	0.76334	0.832972	0.38366	0.712797	26.05395	15.80053	3.350374	0.325914	0.863411	5.241595	0.121341
8	7	176	35	13	63.27289	0.77398	0.841986	0.388759	0.725002	26.63289	15.75695	2.304269	0.311259	0.863173	6.189079	0.110467
9	8	156	35	12	74.24459	0.758015	0.834328	0.35037	0.653101	23.26854	13.77185	2.008804	0.389666	0.861262	7.141415	0.141233
10	9	163	42	16	72.75412	0.732092	0.811217	0.374277	0.694114	24.34487	15.04134	2.461846	0.361611	0.836345	6.076974	0.135512
11	10	163	40	15	72.82086	0.740646	0.818242	0.370376	0.680953	24.28771	14.63389	3.23193	0.361818	0.842489	8.017175	0.131011
12	11	159	34	11	71.85291	0.77174	0.845418	0.352891	0.661572	23.76475	13.91787	1.849108	0.377059	0.86787	9.972664	0.141451

Gambar 3.8 Hasil Ekstraksi Citra dalam Bentuk Numerik

3.5.2 Analisis Hubungan Ekstraksi Citra terhadap Klorofil Total, a dan b

Pada proses ini, hasil ekstraksi citra sayuran terdiri dari 8 parameter yaitu *Red*, *Green*, *Blue*, *Hue*, *Saturation_HSL*, *Lightness*, *Saturation_HSV* dan *Value*. Kesemuanya parameter akan dikorelasikan dengan data faktual klorofil total, klorofil a dan klorofil b hasil analisis. Hal ini dilakukan untuk mengetahui dan memprediksi hubungan antara kadar klorofil dengan 8 parameter tersebut. Proses analisis ini didasarkan dengan teori

Regresi Linier dengan dua hubungan yaitu *Koefisien Determinasi (R^2)* dan *Koefisien Korelasi (R)*. *Koefisien Determinasi* adalah korelasi untuk mengukur kesesuaian garis *regresi* linier antara hasil citra dengan klorofil total, a dan b. Sedangkan *Koefisien Korelasi* berfungsi untuk mengukur keamatan hubungan antar variabel yang diinterpretasikan, terlihat dalam **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3 Interpretasi Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat Rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat Kuat

Sumber : Sugiyono (2010)

Regresi linier didasarkan pada perhitungan dua variabel yaitu variabel *independen* dan variabel *dependend*, seperti pada persamaan berikut (Sugiyono,2010) :

$$Y = a + bx \quad (3.4)$$

$$a = \frac{\sum y - b \cdot \sum x}{n} \quad (3.5)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (3.6)$$

$$R = \frac{n \cdot \sum x_i \cdot \sum y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{\{n \cdot \sum x_1^2 - (\sum x_i)^2\} \{n \cdot \sum y_1^2 - (\sum y_i)^2\}}} \quad (3.7)$$

Dimana, y = Hasil peramalan

n = Jumlah Sampel

a = Perpotongan dengan sumbu tegak

b = *Slope* atau kemiringan garis *regresi*

R = Koefisien korelasi

3.5.3 Pengolahan Data dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan

Data hasil *image processing citra* sayuran selanjutnya akan digunakan dalam pengambilan keputusan secara objektif dan akurat pada metode Jaringan Saraf Tiruan dengan 8 data *input*, diantaranya *Red, Green, Blue, Hue, Saturation_HSL, Ligthness, Saturation_HSV*, dan *Value*. Sedangkan data kadar *klorofil* sayuran hasil analisis laboratorium merupakan target (*output*) pada JST. Pada analisis JST kali ini menggunakan software MATLAB R2010b, karena proses pembacaan yang lebih mudah dibandingkan software lainnya.

Pada penelitian ini, jaringan yang digunakan adalah *multilayer feedforward* yang terdiri dari tiga layer yaitu *input layer, hidden layer* dan *output layer*, dengan *algoritma* pembelajaran *backpropagation*. *Bobot* jaringan di modifikasi dengan cara meminimumkan jumlah kuadrat *error* pada *input*.

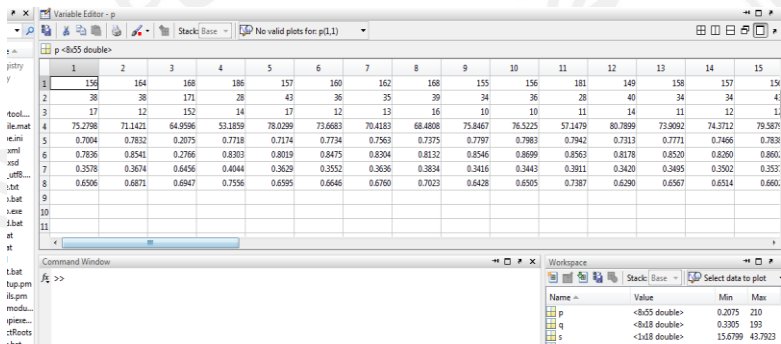
Sebelum dilakukan proses *training* dan *validasi*, maka *dataset* yang akan dijadikan *input* harus dibagi sesuai dengan *proporsi* yang diinginkan untuk mendapatkan pembelajaran jaringan yang lebih cepat dan optimal. Akan tetapi, hingga saat ini belum ada aturan *matematis* dalam pembagian *datase* tersebut, sehingga perlu dilakukan *Trial Error* untuk mendapatkan hasil terbaik. Hal ini berlaku pada jumlah lapisan tersembunyi, lamanya *Iterasi (epoch)*, *Momentum* (arah gradien), dan *Learning Rate* (laju pembelajaran).

Adapun prosedur pengolahan data dengan metode jaringan syaraf tiruan menggunakan MATLAB R2010b adalah sebagai berikut:

1. Membuka jendela Matlab R2010b. Pada jendela *Workspace* pilih *New Variabel*, lalu mengganti *Unnamed*

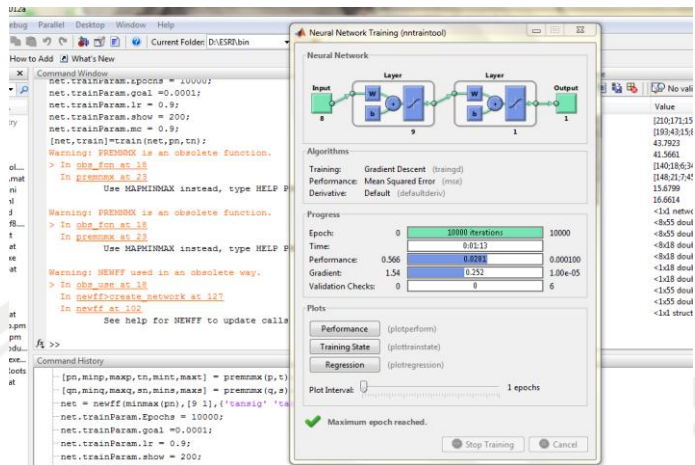
dengan huruf p, q, s, dan t. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi pembagian data *input*, *output*, *training* dan *validasi*. Huruf 'p' mendefinisikan data *input training citra*, 'q' mendefinisikan data *input validasi citra*, 's' mendefinisikan data *output validasi kadar klorofil*, dan 't' mendefinisikan data *output training kadar klorofil*.

2. Memilih dan memasukan data hasil *ekstraksi citra* ke dalam *Workspace* sesuai *proporsi* pembagian. Tampilan data *input* yang telah disubstitusikan ke dalam *workspace* dapat dilihat pada **Gambar 3.9**.



Gambar 3.9 Data *Input* pada *Workspace*

3. Mengisi *command window* dengan *algoritma (coding)* *training* jaringan syaraf tiruan untuk menjalankan *training* program. Program dikatakan berhenti jika *goal* yang diperoleh mendekati *konvergensi goal* paling optimal yang diinginkan yaitu 0,0001 pada *iterasi* yang telah ditentukan. Proses *Training* yang telah berhenti dapat dilihat pada **Gambar 3.10**.

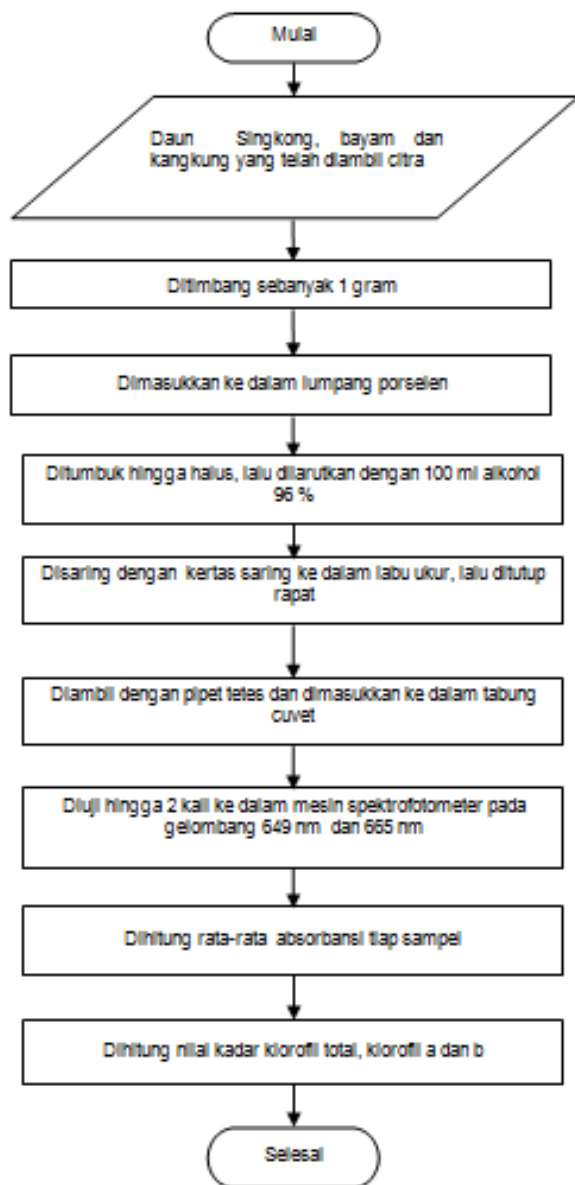


Gambar 3.10. Proses *Training* pada MATLAB

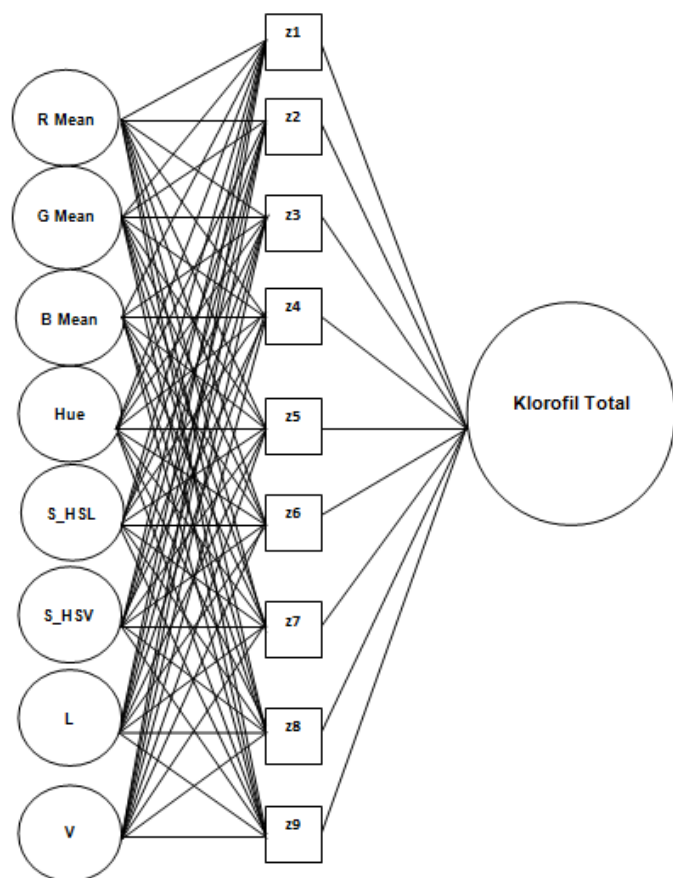
1. Setelah *training* dilakukan, selanjutnya adalah melakukan *validasi* (pengujian) dengan mengisi *command window* dengan *algoritma validasi*, hingga diperoleh *MSE testing*, *regresi testing*, serta *bobot* selama pelatihan, yang nantinya akan dijadikan acuan untuk menentukan akurasi.
2. Jika *MSE testing* dan *regresi testing* yang diperoleh tidak mendekati *error* yang diinginkan, maka harus terus dilakukan *analisis sensitivitas* dengan cara *trial error* (uji coba) berkali-kali untuk mendapatkan hasil yang paling optimal, dengan cara merubah *epoch*, *learning rate*, *momentum*, ataupun *hidden layer* sehingga dapat mempengaruhi perubahan bobot pada jaringan.
3. Metode *Backpropagation* dikatakan telah berhenti, jika telah mencapai atau mendekati *toleransi error* (kesalahan) yang diinginkan. Diagram Alir analisis metode Jaringan Saraf Tiruan secara lengkap dapat dilihat pada **Gambar 3.13**.

Pada **Gambar 3.12** dijelaskan bahwa struktur arsitektur jaringan saraf tiruan terdiri dari *input layer* dengan 8 *neuron* disimbolkan dengan lingkaran kecil, 9 *neuron* pada *hidden layer* pertama disimbolkan dengan kotak persegi dan satu *neuron output* disimbolkan dengan lingkaran besar.

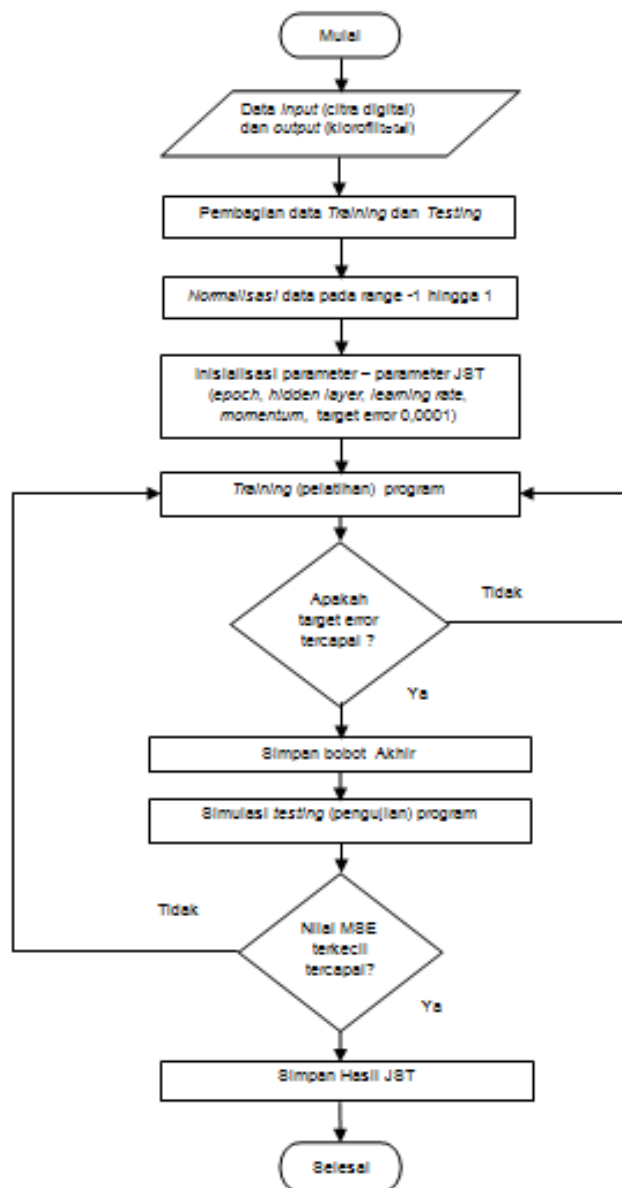




Gambar 3.11 Diagram Alir Proses Analisis Kadar Klorofil Sayuran Daun



Gambar 3.12 Struktur Arsitektur JST



Gambar 3.13 Flowchart Sistem Jaringan Saraf Tiruan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kadar Klorofil Sayuran Hasil Analisis

Berdasarkan analisis klorofil yang telah dilakukan pada beberapa daun sayuran diperoleh kadar klorofil seperti pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Kadar Klorofil Daun Sayuran Hasil Analisis

Jenis Sayuran	Maksimum (mg/g)		
	Klorofil Total	Klorofil a	Klorofil b
Kangkung	25,82	18,47	7,21
Bayam	26,31	19,63	6,53
Daun Singkong	43,79	28,64	14,94
Jenis Sayuran	Minimum (mg/g)		
	Klorofil Total	Klorofil a	Klorofil b
Kangkung	15,67	11,67	3,92
Bayam	19,37	14,37	4,74
Daun Singkong	26,87	20,13	6,59

Data pada **Tabel 4.1** adalah data maksimum dan minimum kadar klorofil hasil analisis dari 72 sampel daun sayuran. Berdasarkan **Tabel 4.1** sampel sayuran yang memiliki kadar klorofil total tertinggi adalah daun singkong dibandingkan dengan daun bayam dan daun kangkung, diperkuat oleh penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Setiari dan Nurchayati (2009) tentang eksplorasi kandungan klorofil pada beberapa sayuran hijau sebagai alternatif bahan dasar *food supplement*, menyatakan bahwa nilai kandungan klorofil total daun singkong menunjukkan angka yang tinggi, yaitu 27,4467 mg/g dibandingkan dengan daun bayam (23,0222 mg/g) dan daun kangkung (16,7667 mg/g). Hal ini dikarenakan kemampuan

daun singkong dalam menyerap radiasi cahaya matahari lebih efisien dibandingkan dengan daun kangkung dan daun bayam, sehingga laju fotosintesis tinggi. Pada kasus ini daun singkong dapat menjadi alternatif *suplemen* makanan, karena kaya akan klorofil yang mengandung banyak nutrisi bagi tubuh. Jika dibandingkan dengan penelitian Setiari dan Nurchayati (2009), maka hasil penelitian kali ini menunjukkan kadar klorofil total yang jauh lebih tinggi.

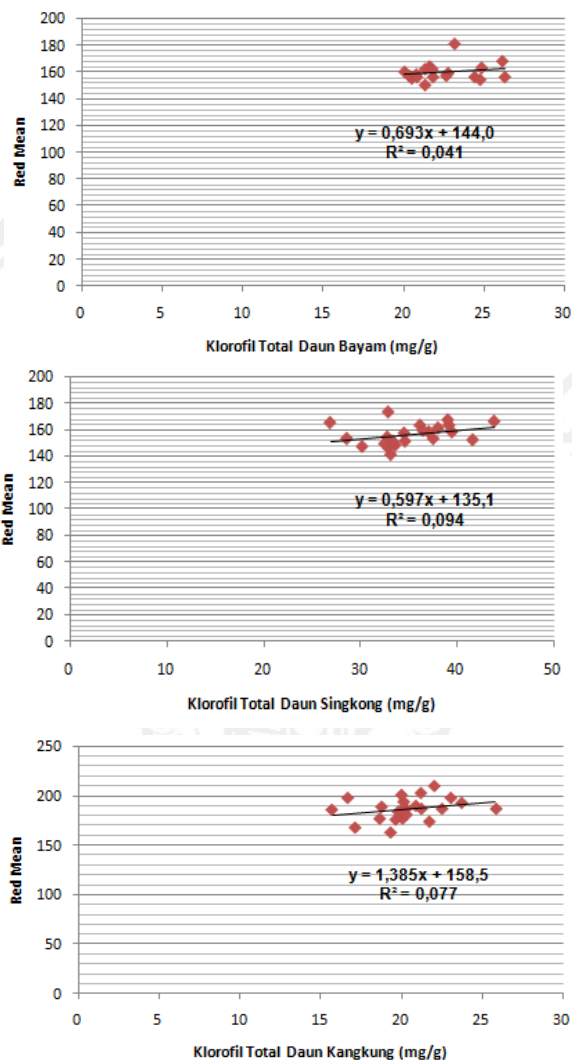
Daun kangkung pada **Tabel 4.1** menunjukkan kandungan klorofil total paling rendah diantara daun bayam dan daun singkong. Hal ini dikarenakan klorofil daun kangkung tersebar, tidak hanya pada organ daun saja melainkan juga pada bagian batang. serta volume daun kangkung pada berat yang sama lebih kecil dibandingkan daun bayam dan daun singkong sehingga kemampuan daun kangkung dalam menyerap cahaya matahari sangat kecil dalam fotosintesis. Selain itu, rendahnya klorofil total daun kangkung disebabkan karena jumlah kandungan air di dalam daun kangkung lebih banyak dibandingkan dengan daun bayam dan daun singkong, akibatnya jumlah air tersebut lebih dominan dibandingkan klorofil total, diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Akram et al., (2007) bahwa klorofil total tanaman akan lebih tinggi dalam kondisi sedikit air dibandingkan dengan kondisi cukup air.

4.2 Hubungan Klorofil Total, a dan b terhadap warna RGB

4.2.1. Hubungan Klorofil Total terhadap *Red (R)*

Citra hasil ekstraksi akan dibandingkan dengan kadar klorofil total, untuk memprediksi dan mencari hubungan dari keduanya. Hubungan yang tidak *linier* atau *linieritas* yang kecil dalam grafik yang ditunjukkan, akan menjadi acuan sebagai input dari jaringan saraf tiruan. Hal ini dikarenakan jaringan

syaraf tiruan digunakan untuk membaca data yang memiliki *linieritas* kecil atau tidak *linier* sekalipun.



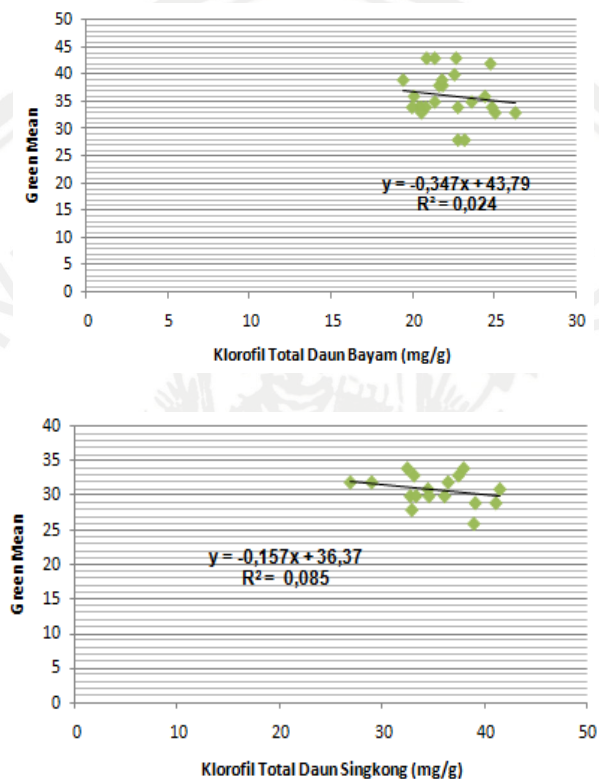
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Klorofil Total Bayam, Singkong dan Kangkung terhadap *Red Mean*

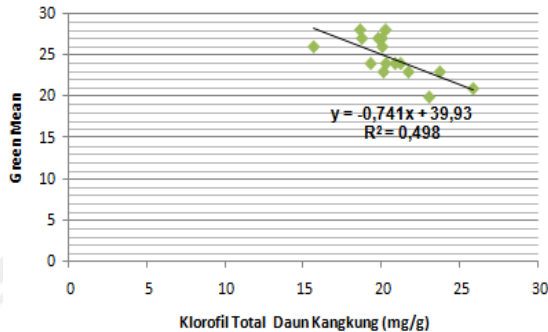
Gambar 4.1 adalah grafik-grafik yang menunjukkan hubungan kadar klorofil total daun bayam, singkong dan kangkung terhadap rata-rata warna merah (*red Mean*). Berdasarkan **Gambar 4.1** terlihat bahwa semakin besar kandungan klorofil total maka akan semakin besar pula nilai *red mean* mengikuti persamaan yang ada. Koefisien determinasi yang diperoleh secara berturut-turut adalah 0,041 untuk daun bayam, 0,094 untuk daun singkong dan 0,077 untuk daun kangkung. Angka tersebut termasuk korelasi kategori rendah, sehingga dari ketiga sayuran tersebut, kandungan klorofil total tidak mampu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap *red mean*. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Dey et al., (2016) terhadap daun anggur, didapatkan hasil bahwa warna *red mean* dapat merepresentasikan klorofil dengan baik pada *trend* yang tinggi, hingga *R_square* mencapai nilai 0,952615. Analisis tersebut menggunakan alat yang disebut *atLEAF meter*, fungsinya secara spesifik mempermudah dalam mengukur kandungan klorofil total daun hijau serta perubahan warna daun. Selanjutnya, data hasil *atLEAF meter* diilustrasikan ke dalam *algorithm image processing* terhadap ratio kecerahan (*brightness*) dan tiga warna primer (RGB).

Jika dibandingkan dengan penelitian Dey et al., (2016), rendahnya *trend* pada analisis klorofil total kali ini disebabkan oleh penggunaan metode *destructive* dan *UV-vis Spektrofotometer* berbasis *citra digital*. Hal ini dikarenakan kurang sempurnanya teknik analisis pada metode *destructive* sehingga hasil analisis yang diharapkan sering kali tidak akurat, sedangkan metode *Uv-vis Spektrofotometer* fungsinya secara khusus untuk menganalisis kandungan klorofil total sebenarnya, dan kecil kaitannya terhadap perubahan warna daun. Oleh karena itu kandungan klorofil total pada penelitian kali ini belum mampu membaca *red mean* secara signifikan, sehingga *red*

mean layak dijadikan dasar dalam pemodelan JST selanjutnya, dalam memprediksi kadar klorofil total.

4.2.2. Hubungan Klorofil Total terhadap *Green Mean*





Gambar 4.2 Grafik Hubungan Klorofil Total Daun Bayam, Singkong dan Kangkung terhadap *Green Mean*

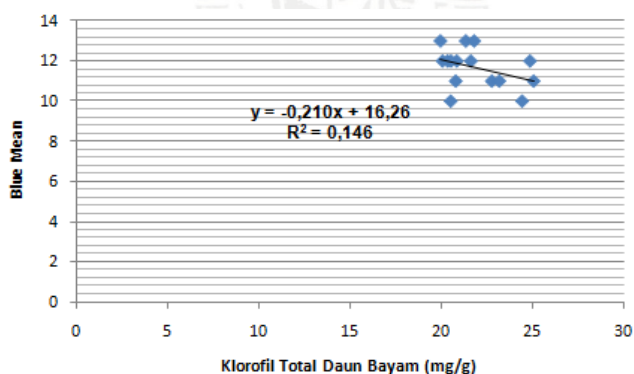
Gambar 4.2 adalah grafik-grafik yang menunjukkan hubungan kandungan klorofil total terhadap rata-rata warna hijau (*green mean*) pada daun bayam, daun singkong dan kangkung. Berdasarkan **Gambar 4.2** terlihat bahwa semakin tinggi nilai warna *green mean* (hijau), maka kadar klorofil total yang terkandung dalam daun bayam, singkong dan kangkung semakin kecil mengikuti persamaan tersebut. Secara umum, tingkat *korelasi* (*R-square*) yang dihasilkan cukup rendah, yaitu 0,024 untuk daun bayam, 0,085 untuk daun singkong dan 0,498 untuk daun kangkung. Akan tetapi dari ketiga jenis daun sayuran tersebut, kandungan klorofil total mampu memberikan pengaruh yang besar terhadap nilai *green mean* pada daun kangkung dibandingkan dengan daun singkong dan bayam.

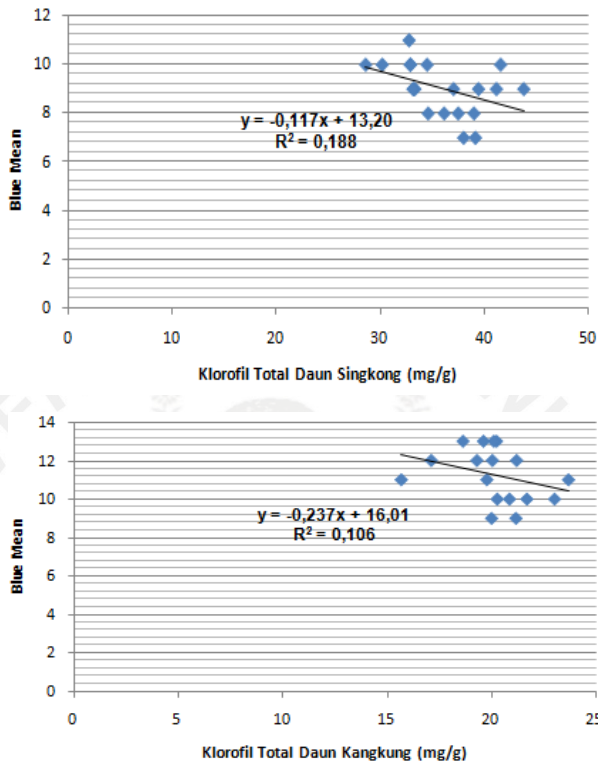
Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Padmaja dan Amar (2015) terhadap daun sirih, didapatkan hasil bahwa *green mean* mampu mempengaruhi kandungan klorofil total hingga nilai *R-square* mencapai 0,80 pada pola *linearitas* menurun. Berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Dey et al., (2016) terhadap daun anggur, didapatkan hasil bahwa warna *green mean* dapat merepresentasikan klorofil

dengan baik pada pola *linieritas* yang naik, hingga nilai R_square mencapai 0,952615. Kedua penelitian tersebut menggunakan sensor *atLEAF meter* yang diilustrasikan ke dalam *algoritma image processing* dalam menganalisis klorofil total daun, dengan cara menstransmisikan cahaya merah (660 nm) serta *inframerah* (940 nm) yang mudah diserap oleh klorofil, sehingga memberikan informasi *green mean* dan kandungan klorofil total yang lebih akurat.

Jika dibandingkan dengan kedua penelitian tersebut, perbedaan *trend* hubungan yang dihasilkan pada penelitian kali ini disebabkan oleh penggunaan metode *UV-vis Spektrofotometer* berbasis *citra digital*. Analisis *citra digital* dilakukan secara manual dengan kemampuan kamera digital yang terbatas, sedangkan analisis *Uv-Vis Spektrofotometer* tidak mampu merepresentasikan warna dengan baik sehingga data *citra* yang diperoleh sulit untuk dihubungkan dengan klorofil total aktual. Oleh karena itu, *green mean* layak dijadikan dasar *input* dalam pemodelan JST selanjutnya dalam memprediksi klorofil total.

4.2.3. Hubungan Klorofil Total terhadap *Blue (B)*





(c)

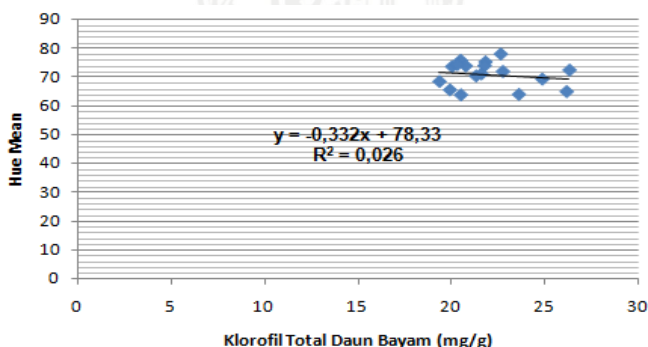
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Klorofil Total Bayam, Singkong dan Kangkung terhadap *Blue Mean*

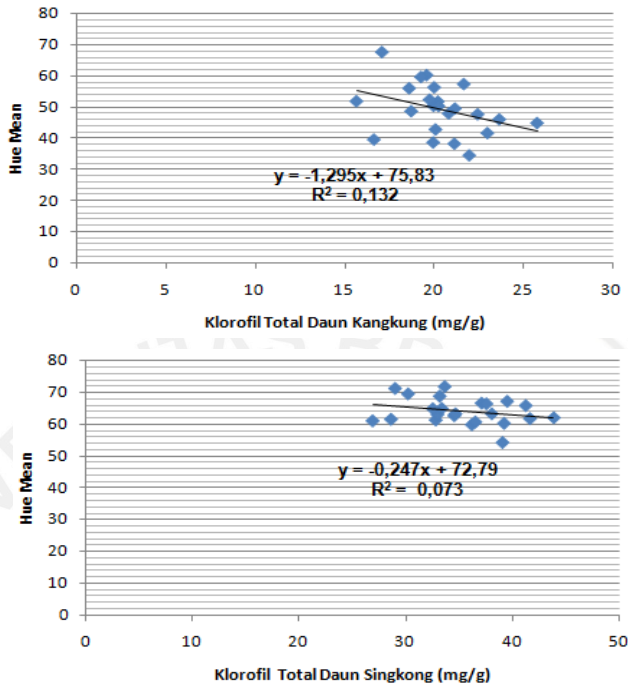
Gambar 4.3 adalah grafik-grafik yang menunjukkan hubungan kadar klorofil total terhadap rata-rata warna biru (*blue mean*) pada daun bayam, singkong dan kangkung. Keseluruhan grafik menunjukkan pola *trend* menurun mengikuti persamaan yang ada, artinya semakin besar kandungan klorofil total maka akan semakin kecil nilai *blue mean*. Nilai *koefisien determinasi* (R^2) yang dihasilkan adalah 0,146 pada daun bayam, 0,188 pada daun singkong dan 0,106 pada daun kangkung.

Berdasarkan nilai koefisien tersebut, maka dari ketiga sayuran tersebut, kandungan klorofil total tidak mampu mempengaruhi secara signifikan nilai *blue mean* pada daun.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Padmaja dan Amar (2015) terhadap daun sirih, didapatkan hasil bahwa nilai *R-square* untuk *blue mean* adalah 0,14. Analisis tersebut dilakukan dengan menggunakan *atLEAF meter* yang mentransmisikan cahaya merah (660 nm) serta *inframerah* (940 nm) pada daun hijau sehingga mudah diserap klorofil, sedangkan *blue mean* (cahaya biru) memiliki panjang gelombang antara 450 nm hingga 495 nm, akibatnya warna primer biru pada penelitian ini tidak mampu merepresentasikan informasi *pixel* dengan benar. Jika dibandingkan dengan penelitian Padmaja dan Amar (2015), rendahnya *trend* hubungan pada penelitian kali ini disebabkan oleh penggunaan metode *UV-vis Spektrofotometer* yang mentransmisikan cahaya dengan panjang gelombang 645 nm dan 665 nm pada daun sayuran. Panjang gelombang ini cukup tinggi dibandingkan dengan panjang gelombang yang dimiliki warna biru itu sendiri. Alasan tersebutlah yang menyebabkan *blue mean* dapat digunakan sebagai dasar pada pemodelan JST selanjutnya dalam memprediksi klorofil total.

4.3 Hubungan Klorofil Total terhadap Hue Mean





Gambar 4.4 Grafik Hubungan Klorofil Total Bayam, Singkong dan Kangkung terhadap *Hue Mean*

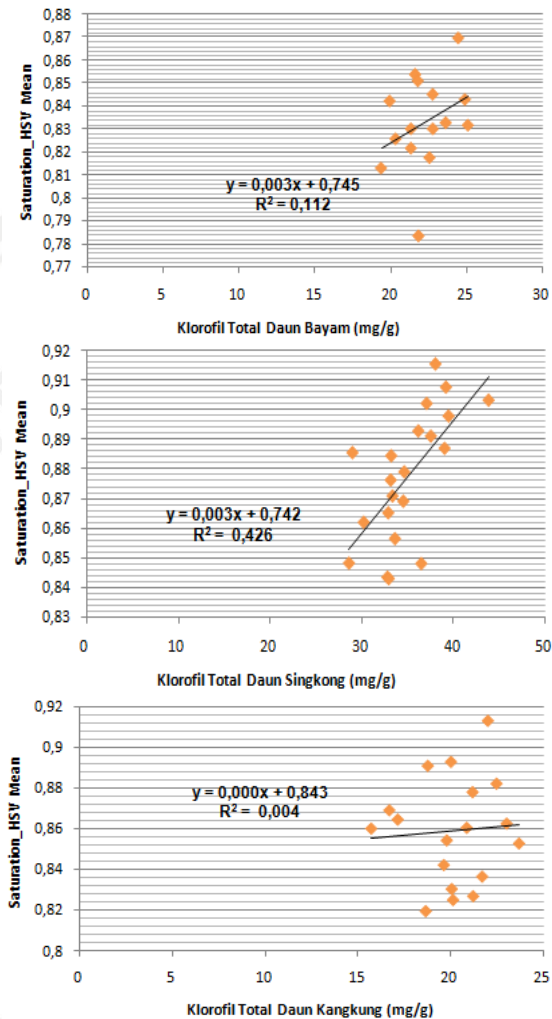
Hue menyatakan identitas warna hijau dari klorofil total berdasarkan lingkaran *spektrum* warna pada sudut 120° pada *range* sudut spektrum warna 0° dan 360° . Sebagaimana gambar-gambar grafik sebelumnya, maka pada **Gambar 4.4** menjelaskan grafik-grafik hubungan kadar klorofil total terhadap rata-rata nilai *hue mean* (Identitas warna hijau) pada daun bayam, singkong dan kangkung. Berdasarkan **Gambar 4.4** terlihat *trend* pola menurun mengikuti persamaan yang ada, bahwa semakin tinggi nilai *hue mean* maka akan semakin rendah kandungan klorofil total yang terkandung dalam daun bayam, daun singkong dan kangkung. Dari ketiga sayuran tersebut, kandungan klorofil total tidak mampu mempengaruhi

secara signifikan nilai *hue mean* pada daun bayam, kangkung dan daun singkong. Hal ini dikarenakan nilai *R-square* yang dihasilkan cukup rendah, yaitu sebesar 0,026 untuk daun bayam, 0,073 untuk daun singkong dan 0,132 untuk kangkung.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Padmaja dan Amar (2015) pada daun sirih, didapatkan hasil bahwa hubungan terbaik antara *hue mean* dengan kandungan klorofil total menghasilkan nilai *R-square* sebesar 0,98. Sekitar 98% *hue mean* mempengaruhi 2 % penurunan klorofil total pada daun sirih. Analisis tersebut menggunakan alat yang disebut *atLEAF meter*, fungsinya secara spesifik mempermudah dalam mengukur kandungan klorofil total daun hijau serta perubahan warna yang lebih akurat. Sedangkan dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Borres et al.,(2017), terhadap daun mangga, didapatkan hasil bahwa nilai *R-square* untuk *hue mean* sebesar 0,787. Sekitar 78,7 % *hue mean* mempengaruhi 21,3 % kenaikan kandungan klorofil. Analisis penelitian ini menggunakan SPAD-520 plus (klorofil meter) yang fungsinya sama dengan *atLEAF meter* pada sistem yang berbeda.

Dari kedua penelitian tersebut terlihat bahwa penggunaan alat yang fungsinya dikhususkan untuk mempermudah analisis kandungan klorofil total daun, dapat menghasilkan nilai *R-square* yang besar. Sedangkan rendahnya *trend* hubungan pada penelitian kali ini disebabkan karena penggunaan metode *destructive* yang kadang kala analisis yang dilakukan kurang sempurna dan *Uv-vis Spektrofotometer* yang fungsinya hanya untuk menganalisis kandungan klorofil total sebenarnya, dan kecil hubungannya dengan perubahan warna daun, sehingga *hue mean* pada penelitian ini dapat dijadikan dasar pada pemodelan JST selanjutnya, dalam memprediksi kadar klorofil total.

4.4 Hubungan Klorofil Total terhadap *Saturation_HSV Mean*



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Klorofil Total, (a) Bayam, (b) Singkong dan (c) Kangkung terhadap *Saturation_HSV Mean*

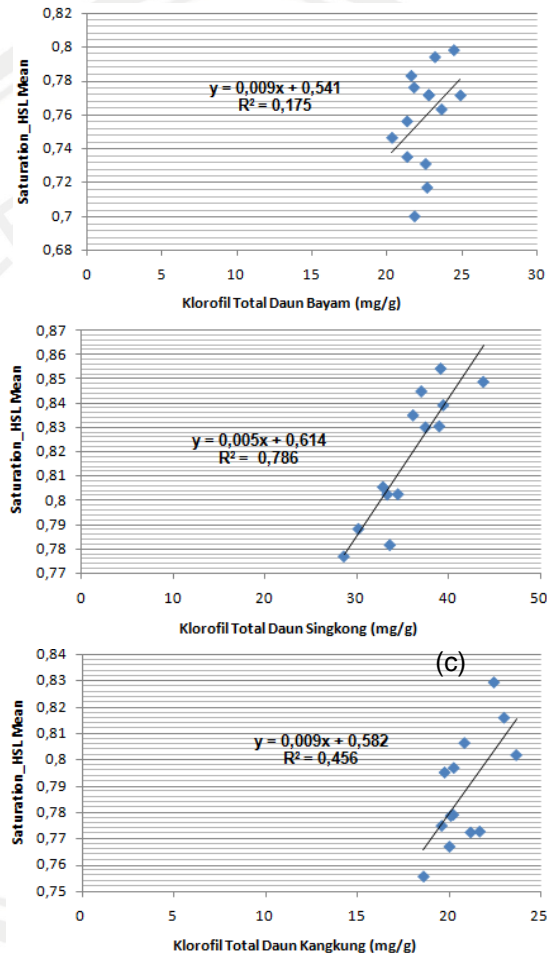
Gambar 4.5 adalah grafik-grafik yang menunjukkan hubungan kadar klorofil total terhadap nilai rata-rata *saturation* ruang HSV pada daun bayam, daun singkong dan daun kangkung. Berdasarkan **Gambar 4.5** terlihat bahwa semakin tinggi nilai *saturation_HSV Mean* maka semakin tinggi pula kadar klorofil total yang dimiliki oleh daun bayam, daun singkong, dan daun kangkung mengikuti persamaan tersebut. *Koefisien determinasi (R^2)* yang dihasilkan secara berturut-turut adalah 0,112 pada daun bayam, 0,426 pada daun singkong dan 0,004 pada daun kangkung. Dari ketiga sayuran tersebut, kandungan klorofil mampu mempengaruhi nilai *saturation_HSV Mean* pada daun singkong, dikarenakan nilai *R-square* yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan daun bayam dan daun kangkung. Secara keseluruhan, *trend* yang terlihat pada **Gambar 4.5** termasuk kategori rendah.

Pada penelitian yang dilakukan Borres et al., (2017), terhadap daun mangga didapatkan nilai *koefisien determinasi* yang berbeda antara 2 metode analisis klorofil. Metode pertama, analisis dilakukan dengan menggunakan *SPAD 502-plus* (klorofil meter) sebagai penyedia nilai klorofil sebenarnya yang lebih kualitatif dan kuantitatif serta dapat memberikan perkiraan *citra digital* dengan baik, sehingga dihasilkan *R-square* sebesar 0,9881 *linier positif* terhadap *Saturation HSV Mean*. Metode kedua, analisis dilakukan dengan menggunakan sensor warna RGB *TCS3200* yang dikalibrasikan dengan *Spektrofotometer Konika Minolta CM2600D*, sehingga dihasilkan nilai *R-square* sebesar 0,1292 *linier negatif*.

Jika dibandingkan dengan penelitian Borres et al., (2017), rendahnya *trend* pada penelitian kali ini disebabkan oleh penggunaan metode *destructive* dan *UV-vis spektrofotometer* yang hasilnya sulit digunakan sebagai standarisasi dalam pembacaan *citra digital*, dikarenakan tidak terlepas dari kurang sempurnanya teknik analisis. Oleh karena itu *saturation_HSV*

Mean dapat dijadikan dasar pemodelan selanjutnya dengan metode jaringan saraf tiruan dalam memprediksi klorofil total.

4.5 Hubungan Klorofil Total terhadap *Saturation_HSL Mean*

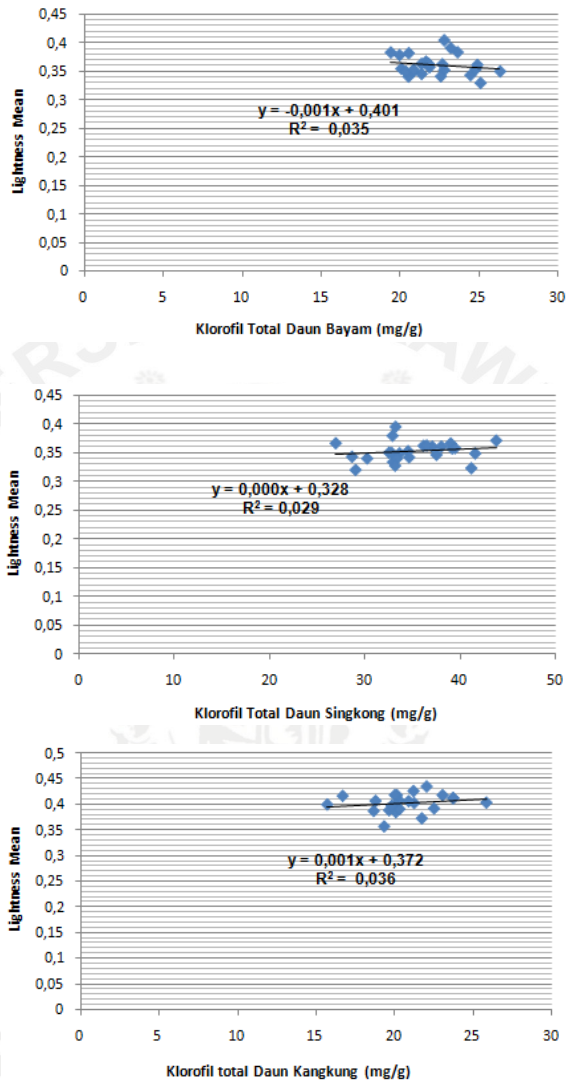


Gambar 4.6 Grafik Hubungan Klorofil Total Bayam, Singkong dan Kangkung terhadap *Saturation_HSL Mean*

Gambar 4.6 menjelaskan tentang grafik-grafik hubungan kadar klorofil total terhadap nilai rata-rata *saturation* ruang HSL pada daun bayam, daun singkong dan daun kangkung. Terlihat dari **Gambar 4.6** bahwa *trend* pola yang dihasilkan adalah *linier positif*, bahwa semakin besar nilai *saturation_HSL Mean* maka akan semakin besar pula kandungan klorofil total pada daun bayam, singkong dan kangkung mengikuti persamaan yang ada. Nilai *R-square* yang dihasilkan adalah 0,175 untuk daun bayam, 0,786 untuk daun singkong dan 0,456 untuk daun kangkung. Dari ketiga sayuran tersebut, kandungan klorofil total mampu dengan baik mempengaruhi *saturation_HSL mean* pada daun singkong dan daun kangkung secara signifikan. Hal ini dapat terlihat dari nilai *R_square* daun singkong dan kangkung yang lebih tinggi dibanding daun bayam.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Padmaja dan Amar (2015) pada daun sirih, didapatkan nilai *R-square* untuk *saturation* ruang HSL sebesar 0,52 *linier positif*. Hal tersebut dikarenakan analisis di dalam penelitian ini tidak terlepas dari penggunaan atLEAF meter yang menghasilkan pembacaan kandungan klorofil secara kuantitatif tanpa harus merusak. Jika dibandingkan dengan penelitian Padmaja dan Amar (2015), perbedaan *R-square* yang dihasilkan pada penelitian ini, dikarenakan penggunaan metode *destructive* dan *Uv-vis Spektrofotometer*. Penggunaan metode *destructive* dan *Uv-vis Spektrofotometer* tidak terlepas dari kurang sempurnanya teknik analisis sehingga hasil analisis yang diharapkan sering kali tidak akurat, sehingga hasilnya sulit dihubungkan dengan *citra digital*. Alasan tersebut mengakibatkan rata-rata *saturation* pada ruang HSL pun menjadi parameter masukan untuk pemodelan JST lebih lanjut dalam memprediksi kadar klorofil total.

4.6 Hubungan Klorofil Total terhadap *Lightness Mean*

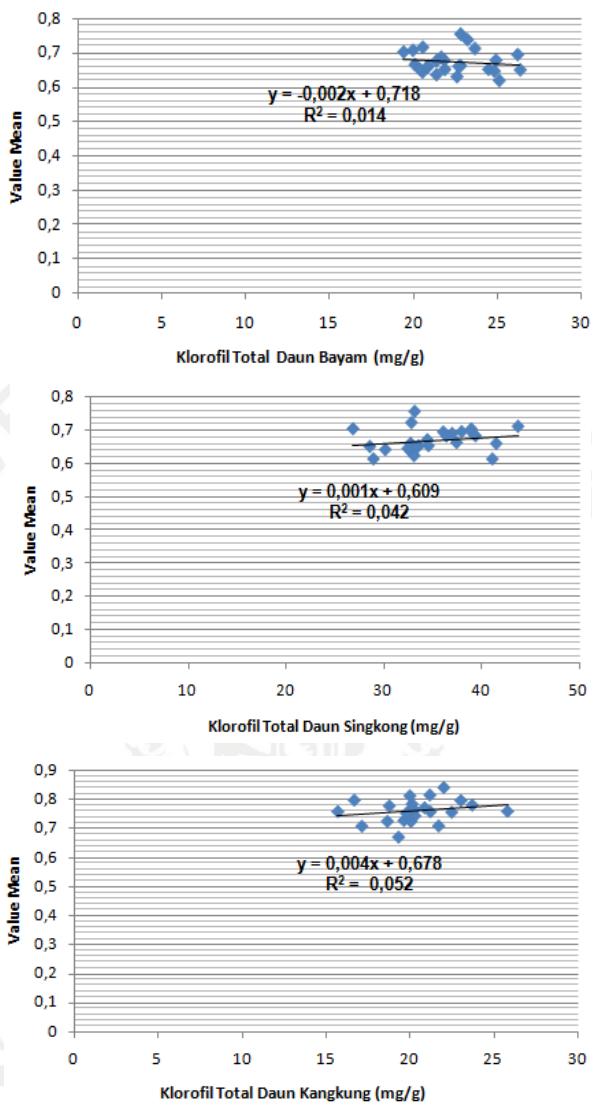


Gambar 4.7 Grafik Hubungan Klorofil total, (a) Bayam, (b) Singkong dan (c) Kangkung terhadap *Lightness Mean*

Gambar 4.7 menjelaskan tentang grafik-grafik hubungan kadar klorofil total daun bayam, daun singkong dan daun kangkung terhadap nilai *lightness mean* (L). Berdasarkan **Gambar 4.7** terlihat *trend* pola *linier positif* terjadi pada daun singkong dan kangkung, dan *linier negatif* pada daun bayam, bahwa semakin besar kandungan klorofil daun singkong dan kangkung maka akan semakin besar pula nilai *lightness*. Dan sebaliknya, semakin kecil kandungan klorofil total pada daun bayam maka akan semakin besar nilai *lightness* pada daun. Dari ketiga sayuran tersebut, kandungan klorofil tidak mampu mempengaruhi nilai *lightness mean* secara signifikan. Hal ini terlihat dari nilai *R-square* yang rendah pada setiap daun sayuran, diantaranya 0,035 untuk daun bayam, 0,029 untuk daun singkong dan 0,036 untuk daun kangkung.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Padmaja dan Amar (2015) pada daun sirih, didapatkan hasil *trend linieritas negatif* dengan *R_square* 0,87 untuk nilai *lightness*. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa klorofil total memberikan pengaruh yang kuat terhadap penurunan kadar klorofil total daun. Analisis klorofil tersebut menggunakan *atLEAF meter* yang menghasilkan pembacaan kandungan klorofil secara kuantitatif tanpa harus merusak. Jika dibandingkan dengan penelitian Padmaja dan Amar (2015), rendahnya *trend* nilai *R-square* pada penelitian kali ini disebabkan oleh metode *Uv-vis Spektrofotometer* yang fungsinya dikhususkan untuk menganalisis kandungan klorofil total secara kualitatif dan kuantitatif sehingga kecil hubungannya terhadap perubahan warna daun. Oleh karena itu, indeks *lightness mean* layak untuk dijadikan dasar pemodelan selanjutnya dengan jaringan saraf tiruan dalam memprediksi kandungan klorofil.

4.7 Hubungan Klorofil Total terhadap Value Mean



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Klorofil Total Bayam, Singkong dan Kangkung terhadap Value Mean

Gambar 4.8 adalah gambar grafik-grafik hubungan kadar klorofil total daun bayam, daun singkong dan daun kangkung terhadap nilai *value mean* (ketajaman warna). Berdasarkan **Gambar 4.8** terlihat *trend linier negatif* pada daun bayam, dan *linier positif* pada daun kangkung dan daun singkong, bahwa semakin besar kandungan klorofil pada daun bayam maka akan semakin kecil nilai *value mean*, sebaliknya semakin besar nilai *value mean* pada daun kangkung dan singkong maka akan memperbesar nilai kandungan klorofil. Dari ketiga sayuran tersebut, maka kandungan klorofil tetap tidak mampu untuk mempengaruhi *value mean* pada daun. Hal ini terlihat dari nilai *R-square* yang rendah diantaranya 0,014 untuk daun bayam, 0,042 untuk daun singkong dan 0,052 untuk daun kangkung.

Pada penelitian yang dilakukan Borres et al., (2017), terhadap daun mangga didapatkan *trend linieritas negatif* untuk *value mean*. Analisis tersebut dilakukan dengan dua metode. Metode pertama, analisis dilakukan dengan menggunakan *SPAD 502-plus* (klorofil meter) sebagai penyedia nilai klorofil sebenarnya yang lebih kualitatif dan kuantitatif serta dapat memberikan perkiraan *citra digital* dengan baik, sehingga dihasilkan *R-square* sebesar 0,9153. Metode kedua, analisis dilakukan dengan menggunakan sensor warna RGB *TCS3200* yang dikalibrasikan dengan *Spektrofotometer Konika Minolta CM2600D*, sehingga dihasilkan nilai *R-square* sebesar 0,707. Kedua metode tersebut, menghasilkan *R-square* yang besar terhadap *value mean* dengan pengaruh yang kuat.

Jika dibandingkan dengan penelitian Borres et al., (2017), rendahnya trend *R_square* pada penelitian kali ini dikarenakan penggunaan metode *destructive* yang tidak terlepas dari kurang sempurnanya teknik analisis sehingga hasil analisis yang diharapkan sering kali tidak akurat, sehingga sulit dijadikan sebagai standarisasi dalam pembacaan hasil *citra*

digital. Oleh karena itu, *value mean* dapat digunakan pada pemodelan selanjutnya dengan metode jaringan saraf tiruan dalam memprediksi klorofil.

4.8 Hubungan Kadar Klorofil a dan b terhadap RGB, HSV, dan HSL

Hubungan klorofil a dan b terhadap RGB, HSV dan HSL tidak jauh berbeda dengan hubungan klorofil total terhadap RGB, HSV dan HSL, mengingat bahwa klorofil a dan b merupakan kesatuan dari klorofil total. Keseluruhan grafik klorofil a dan b dapat dilihat pada **Lampiran 6**, yang menjelaskan bahwa grafik hubungan klorofil a dan b menunjukkan pola *linieritas positif* terhadap *nilai red mean*, *saturation_HSV mean*, *saturation_HSL mean*, *lightness mean* daun singkong dan kangkung, serta *value mean* daun singkong dan kangkung. Selain itu grafik menunjukkan pola *linieritas negatif* terhadap *nilai green mean*, *blue mean*, *hue mean*, *lightness mean* daun bayam dan *value mean* daun bayam. Secara umum, keseluruhan *R-square* grafik memberikan *trend* nilai yang rendah. Hal ini dikarenakan penggunaan metode *Uv-vis spektrofotometer* yang hanya mampu merepresentasikan kandungan klorofil a dan b aktual tanpa memperhatikan konsentrasi warna yang terkandung pada daun, akibatnya hasil *citra digital* kurang akurat membaca informasi klorofil a dan b. Hingga saat ini belum banyak yang melakukan penelitian tentang klorofil a dan b daun secara spesifik terhadap konsentrasi warna, sehingga sedikit informasi yang ditemukan mengenai hubungan klorofil a dan b terhadap RGB, HSV dan HSL. Jika dilihat pada tingkat *linieritas* yang rendah dan sulitnya hasil *citra digital* membaca klorofil a dan b, maka *citra digital* RGB, HSV dan HSL dapat digunakan sebagai dasar pemodelan

jaringan saraf tiruan dalam memprediksi klorofil a dan b pada daun.

4.9 Analisis Sensitivitas Struktur Jaringan Syaraf Tiruan terhadap Klorofil

Pembuatan model jaringan saraf tiruan terhadap klorofil tidak jauh dari *analisis sensitivitas*. *Analisis sensitivitas* adalah proses uji coba *galat (Trial Error)* yang dilakukan berulang kali untuk menghasilkan pemodelan yang akurat dan optimum. Menurut Zarei dan Zay (2009), bahwa saat ini pemilihan arsitektur JST dilakukan dengan cara *trial error* untuk menemukan jumlah hidden layer dan neuron yang sesuai dengan masalah yang ada. Penelitian kali ini menggunakan 8 input masukan yang berasal dari ekstrak *citra digital* yaitu RGB Mean (*red, green, blue*); HSV Mean (*hue, saturation, value*) dan HSL Mean (*hue, saturation lightness*), dimana *hue* dari HSV diasumsikan sama dengan *hue* pada HSL. Serta *output* berupa kandungan kadar klorofil total, a dan b masing-masing 72 data. Kedelapan input tersebut memiliki hubungan *linieritas* yang kecil, meskipun kurang signifikan. Oleh karena itu akan lebih mudah jika dianalisis dengan jaringan saraf tiruan.

Parameter sistem jaringan pembentuk pola dibatasi pada *learning rate* bernilai 0,9; *momentum* bernilai 0,9 dan *epoch (iterasi)* maksimal 53000, dengan *toleransi error* 0,0001. Data masukan tersebut dibagi ke dalam beberapa *proporsi dataset* agar *konvergensi* dapat terjadi lebih cepat. Hingga saat ini belum ada persamaan matematis yang dapat menentukan secara pasti pembagian *dataset* pada jaringan saraf tiruan, sebagian peneliti berpendapat *dataset* 80 % mampu mencapai nilai *konvergensi*, begitu pun dengan *dataset* 75%. Pada penelitian kali ini *dataset* dibagi menjadi tiga *proposisi* yaitu 75 % untuk pelatihan dan 25% untuk pengujian; 80% data pelatihan

dan 20% data pengujian; serta 60% data pelatihan dan 40% data pengujian.

Berdasarkan pembagian *dataset* tersebut diperoleh hasil optimal pada *proporsi dataset* 75 %, terlihat dari *regresi testing* yang lebih tinggi dibanding dengan *proporsi* lainnya sehingga mampu mempercepat *konvergensi* jaringan dengan selisih nilai kesalahan yang lebih kecil dibanding dengan *proporsi* data lainnya. Kondisi ini tampak pada **Tabel 4.2** dibawah ini. serta diperkuat oleh penelitian Indah (2017) bahwa dengan proporsi data sebesar 75% mampu memberikan nilai *regresi testing* 0,6488 dan MSE terkecil 0,2993.

Tabel 4.2 Pembagian *Dataset Training* dan *Testing*

Data Training	Data Testing	Regresi Testing
80%	20%	0,1982
75%	25%	0,8468
60%	40%	0,3356

Tahapan paling penting dalam perancangan jaringan syaraf tiruan adalah penentuan jumlah lapisan masukan (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan jumlah lapisan keluaran (*output layer*) yang akan digunakan dalam jaringan, dan belum terdapat teori pasti dalam penentuannya, sehingga penting sekali analisis secara *trial error*. Menurut Kardan et al., (2013) bahwa secara teori, pada metode JST tidak ada aturan baku untuk menentukan arsitektur JST yang optimal untuk diterapkan ke dalam sistem.

Penelitian ini akan membatasi pola jaringan dengan menggunakan 8 *neuron* masukan pada *input layer*, 1 *neuron* keluaran pada *output layer* dengan 5,7,9 dan 11 *neuron* pada *hidden layer* 1. Analisis *sensitivitas* pembelajaran jaringan pada MATLAB 7.1 secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

Tabel 4.3 Model Jaringan pada Proporsi Berbeda

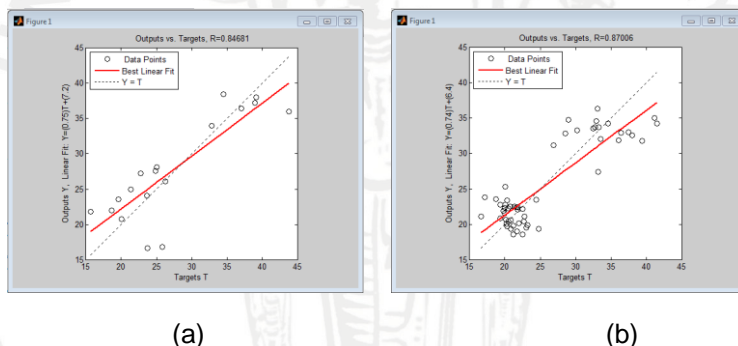
Proporsi Dataset	Model Jaringan	R egresi Training	Regresi Testing	MSE training	MSE Testing
80 %	8 -5-1	0,9221	0,8279	0,0426	0,3671
	8 -7-1	0,8436	0,6699	0,0837	0,3520
	8 -9-1	0,9401	0,2889	0,0421	2,2330
	8 -11-1	0,8133	0,0746	0,0991	3,5424
75%	8 -5-1	0,9535	0,8185	0,0587	0,2677
	8 -7-1	0,8507	0,7681	0,0889	0,1642
	8 -9-1	0,8700	0,8468	0,0752	0,0921
	8 -11-1	0,8597	0,0752	0,0804	0,8720
60%	8 -5-1	0,8588	0,4629	0,0816	1,2726
	8 -7-1	0,8537	0,8605	0,0845	0,7961
	8 -9-1	0,8674	0,6044	0,0774	0,4606
	8 -11-1	0,8724	0,6486	0,0739	0,2752

Berdasarkan **Tabel 4.3** dinyatakan bahwa hasil optimal (struktur terbaik) proses pembelajaran jaringan saraf tiruan *backpropagation* ditunjukkan dengan model jaringan 8-9-1 pada proporsi data 75 % dengan fungsi pembelajaran *logsig-purelin-traingd*, yang artinya fungsi aktivasi *input* yang digunakan adalah *sigmoid biner*, fungsi *output* adalah fungsi *linier* (identitas), dengan fungsi pelatihan adalah *traingd*. Model jaringan ini diperkuat dengan pernyataan Haykin (1999), bahwa jumlah *neuron hidden layer* dua hingga sembilan sudah mampu menghasilkan jaringan terbaik pada metode jaringan saraf tiruan.

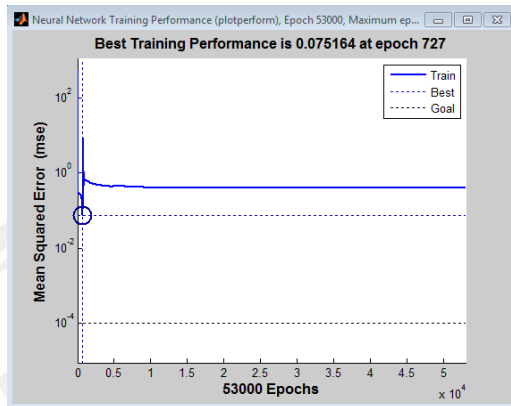
Pada proses pembelajaran kali ini, pelatihan pola menggunakan data latih sebanyak 54, sedangkan untuk pengujian digunakan data uji sebanyak 18. Pembelajaran dihentikan pada *iterasi* maksimum 53000 *iterasi*, dengan MSE 0,0752 pada nilai *koefisien korelasi (R)* sebesar 0,8700. Dari

Koefisien korelasi tersebut menunjukkan bahwa model uji *training* ini memiliki keceratan yang sangat kuat. Selanjutnya, dilakukan pengujian (*testing*) JST yang bertujuan untuk mengetahui berapa banyak data uji baru yang dapat dikenali oleh model pembelajaran, sampai akhirnya diperoleh nilai *R testing* yang cukup tinggi sebesar 0,8468. Artinya pada presentase 84,68% model jaringan 8-9-1 dapat memprediksi klorofil total dengan maksimal. Akan tetapi, untuk mengetahui keakuratan jaringan dalam memprediksi data baru, perlu dilakukan perhitungan keakuratan.

Gambar 4.9 merupakan grafik yang menunjukkan *regresi training* dan *testing* pada model jaringan terbaik. Meskipun belum mencapai *konvergensi* yang sempurna, namun *regresi* dapat dikatakan baik dengan hasil yang maksimal.



Gambar 4.9 Grafik (a) *Regresi Testing* dan (b) *Regresi Training* Terbaik.



Gambar 4.10 Grafik *Learning* Terbaik

Gambar 4.10 merupakan gambar grafik pembelajaran terbaik (*Learning*) dari pemodelan jaringan 8-9-1. Terlihat bahwa grafik tersebut menghubungkan dua variabel yaitu MSE (*Mean Squared Error*) dan Jumlah iterasi (*epoch*) yang diberikan. Pembelajaran dihentikan pada iterasi ke 727 dengan MSE 0,075164 dari 53000 iterasi yang dilakukan. Meskipun iterasi yang diberikan cukup besar, akan tetapi pembelajaran akan dihentikan ketika telah mencapai konvergensi maksimal pada iterasi berapa pun. Akibatnya, pembelajaran tersebut akan menampilkan garis linier sepanjang grafik. Hal ini dikarenakan pada **Gambar 4.10** MSE yang dihasilkan telah mencapai titik maksimal pada iterasi 727. Pembelajaran tersebut telah menampilkan konvergensi yang maksimal. meskipun belum cukup baik. Pembelajaran yang baik adalah pembelajaran yang mencapai titik maksimal penurunan MSE seiring dengan iterasi yang diberikan, sehingga grafik pembelajaran akan menampilkan garis linier yang menurun curam.

4.10 Analisis Klorofil Total Hasil Prediksi

Setelah dilakukan proses pelatihan, kemudian dilanjutkan pengujian model hasil pembelajaran dengan menggunakan data *testing*. Hasil pengujian menunjukkan perbandingan antara data hasil prediksi MATLAB dengan data aktual klorofil total, dapat dilihat pada **Tabel 4.4** berikut.

Tabel 4.4 Hasil Prediksi Klorofil dengan Model 8-9-1

Pola	Jenis sampel	klorofil total aktual	klorofil total prediksi	Selisih kesalahan	Ketepatan pengenalan
1	Bayam1	25,0606	28,1112	-3,0506	Tidak Tepat
2	Bayam2	23,6058	24,0903	-0,4845	Tepat
3	Bayam3	22,7559	27,2284	-4,4725	Tidak Tepat
4	Bayam4	26,3078	26,0891	0,21877	Tepat
5	Bayam5	21,3233	24,9796	-3,6562	Tidak Tepat
6	Bayam7	24,8604	27,5866	-2,7262	Tidak Tepat
7	Singkong1	34,4932	38,4561	-3,9629	Tidak Tepat
8	Singkong2	43,7923	35,9745	7,81786	Tidak Tepat
9	Singkong3	32,8596	34,0240	-1,1644	Tepat
10	Singkong4	39,1413	38,0578	1,0835	Tepat
11	Singkong5	38,9997	37,238	1,7617	Tepat
12	Singkong7	37,0429	36,4725	0,5703	Tepat
13	Kangkung1	23,6982	16,6313	7,0669	Tidak Tepat
14	Kangkung2	15,6799	21,8069	-6,1270	Tidak Tepat
15	Kangkung3	20,0466	20,7024	-0,6557	Tepat
16	Kangkung9	19,6196	23,5093	-3,8897	Tidak Tepat
17	Kangkung10	25,8164	16,8391	8,97725	Tidak Tepat
18	Kangkung11	18,6364	21,9339	-3,2975	Tidak Tepat

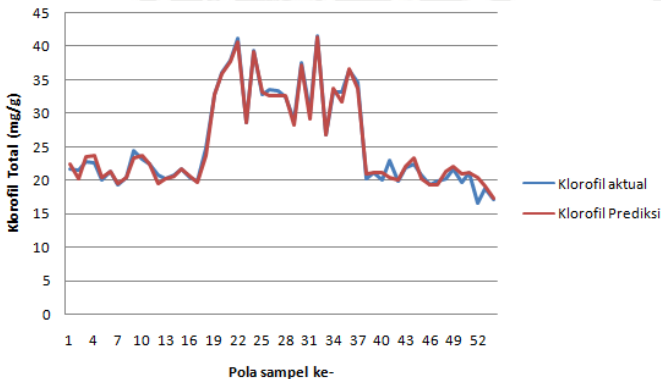
Berdasarkan **Tabel 4.4** tersebut terlihat bahwa dari 18 data hasil prediksi, ketika dibandingkan dengan data aktual maka terdapat 7 data tepat dikenali dengan baik oleh model jaringan 8-9-1, empat diantaranya adalah daun singkong yang diketahui sebagai sumber klorofil tertinggi dibandingkan dengan daun kangkung dan daun bayam. Hasil prediksi yang tidak tepat terjadi karena selisih kesalahan tidak mendekati angka toleransi kesalahan yang diinginkan yaitu antara 1 dan -1, sehingga data baru yang dimasukkan untuk simulasi pengujian belum mampu dipelajari (tidak *tergeneralisasi* dengan baik) oleh model jaringan 8-9-1. Meskipun demikian kondisi ini menunjukkan bahwa jaringan ini sudah bisa dikatakan cukup baik dalam mempelajari pola berdasarkan MSE yang dihasilkan. Ketujuh data tersebut memiliki selisih kesalahan yang hampir mendekati angka -1 dan 1 pada *error* terkecil MSE *testing* 0,0921. Oleh karena itu data yang memiliki selisih yang mendekati angka *error* terkecil diasumsikan bahwa pembelajaran dapat berjalan dengan baik.

4.11 Keakuratan Model Jaringan dalam Pembelajaran

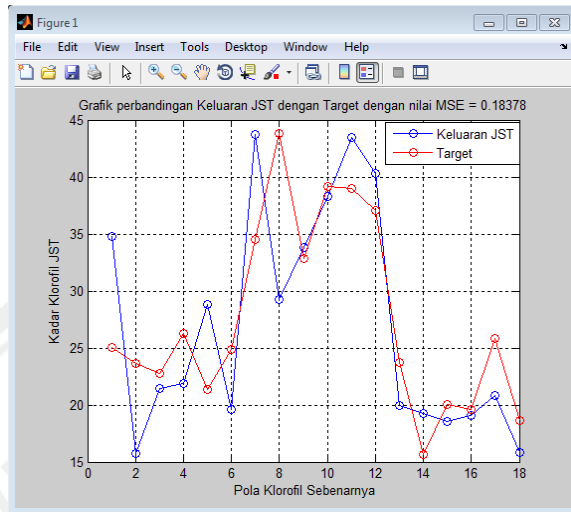
Pembelajaran akan dihentikan jika *error* pembelajaran telah mendekati *error* yang diinginkan dengan *iterasi* yang telah ditentukan sebelumnya. Ketepatan model jaringan dalam pembelajaran sangat penting untuk mengetahui tingkat ketepatan pembelajaran. Hal ini diketahui dengan melihat grafik dan tingkat akurasi yang dihasilkan. Data yang digunakan pada pembacaan grafik adalah hasil perhitungan jaringan saraf tiruan pada *software* MATLAB 7.1, termasuk nilai bobot dan bias. Untuk memastikan kebenaran perhitungan hasil jaringan saraf tiruan MATLAB 7.1 maka dilakukan perhitungan secara manual menggunakan teori jaringan saraf tiruan sebelumnya, dengan

salah satu data *testing* sebagai simulasi perhitungan. Keseluruhan perhitungan dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

Gambar 4.11 merupakan grafik ketepatan *output* aktual dengan *output* hasil pembelajaran pada proses pelatihan dengan nilai akurasi sebesar 99,13 % dari perhitungan yang dilakukan. Garis berwarna merah menunjukkan *output* jaringan (klorofil total hasil diprediksi), sedangkan garis berwarna biru merupakan target (klorofil aktual hasil analisis). Grafik pada **Gambar 4.11** menunjukkan perbandingan diantara keduanya, sebagian *output* jaringan dan target hampir menempati posisi garis yang sama dengan target, dan sebagian lainnya belum mampu mendekati posisi target. Jaringan belajar dengan baik jika posisi garis merah sama dengan garis warna biru. Pada kondisi ini meskipun hanya sebagian warna yang mampu, akan tetapi pembelajaran ini telah mampu dikatakan sangat baik.



Gambar 4.11 Grafik Ketepatan Proses *Training*



Gambar 4.12 Grafik Ketepatan Proses *Testing*

Gambar 4.12 merupakan grafik ketepatan *output* jaringan dan *output* target pada proses *testing* (pengujian) dengan *error* MSE 0,0921, dengan nilai akurasi sebesar 100,89% dari perhitungan yang dilakukan. Berdasarkan **Gambar 4.12** terlihat bahwa garis biru (*output* jaringan) pada gambar belum bisa menempati posisi yang sama dengan garis merah (*output* target), namun antara keduanya hampir saling berdekatan. Agar garis keluaran JST dan target dapat saling bersinggungan dengan baik, maka perlu dilakukan penambahan data pada proses pelatihan (*training*) ataupun penambahan *iterasi* melebihi *iterasi* pada penelitian ini. Hal tersebut diperkuat oleh pernyataan Sandra (2011), bahwa semakin banyak data masukkan yang digunakan sebagai kriteria pembeda maka akan semakin tepat hasil prediksi mutu buah tomat. Begitupun dengan pernyataan Pangrestu dan Widiastuti (2014), bahwa semakin banyak data yang digunakan

untuk pelatihan, maka jaringan akan semakin mampu dalam mengenali pola, sehingga penentuan nilai galat dapat diperkecil.

Penelitian ini dapat menunjukkan solusi alternatif tingkat keakuratan yang tinggi dan paling optimal suatu model jaringan pembelajaran dalam memprediksi klorofil daun sayuran, meskipun terdapat beberapa data yang belum terbaca dengan baik sehingga diperoleh selisih yang besar.

4.12 Penerapan Model Jaringan pada Klorofil a dan b

Model jaringan 8-9-1 selanjutnya diterapkan pada klorofil a dan b dari sayuran daun dengan tujuan untuk mengetahui ketepatan model jaringan 8-9-1 dalam memprediksi klorofil a dan b berbasis *citra digital* daun sayuran.

Tabel 4.5 Pembelajaran terhadap Klorofil a dan b

No	Parameter	Regresi Training	Regresi Testing	MSE Training	MSE Testing
1	Klorofil a	0,9940	0,6302	0,0059	0,3168
2	Klorofil b	0,9854	0,4931	0,0081	0,3951

Berdasarkan *regresi testing* **Tabel 4.5** terlihat bahwa model jaringan hasil pembelajaran terhadap pengenalan klorofil a cukup baik dibandingkan klorofil b, dikarenakan nilai *regresi testing* klorofil a lebih tinggi dibandingkan dengan hasil klorofil b. Akan tetapi *MSE testing* klorofil a dan b yang diperoleh bernilai cukup besar, sehingga *error* yang dihasilkan kurang mendekati *error* yang diinginkan pada *range* -1 dan 1. Berdasarkan nilai MSE tersebut terlihat bahwa model jaringan 8-9-1 tidak mampu memprediksi klorofil a dan b dengan baik. Hingga saat ini belum ada penelitian yang mendukung prediksi klorofil a dan b secara lebih spesifik.

4.13 Perbandingan Prediksi Klorofil Total dengan Penelitian Terdahulu

Topik penelitian mengenai pendugaan prediksi klorofil total pada daun, sebelumnya telah dilakukan oleh Palgunadi dan Pratiwi. (2015), pada daun teh untuk memprediksi umur dan kandungan klorofil dengan menggunakan *image* daun serta vektor ciri warna hijau. Penelitian ini menggunakan *software Java.file image* untuk mengekstrak warna *Green* daun, serta SPAD 502 plus untuk mengukur klorofil total pada daun teh. Daun teh yang menjadi sampel adalah daun teh pada kelompok umur 7 hingga 13 hari sebanyak 105 data sampel, sedangkan 14 data untuk pengujian. Perbandingan tingkat ketepatan prediksi dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada **Tabel 4.6** berikut.

Tabel 4.6 Perbandingan prediksi klorofil total dengan penelitian terdahulu

Parameter	Peneliti	Metode	Error rata-rata
Klorofil Total	Palgunadi dan Pratiwi (2015)	<ul style="list-style-type: none"> - SPAD 502-plus, Image Processing, Regresi eksponensial. - Jumlah Sampel Penelitian: 105 Sampel Daun Teh - Software : Java. File Image - Akurasi : 71,42% - 	0,07%
	Elda (2018)	<ul style="list-style-type: none"> - Uv-vis spektrofotometer, Image Processing, ANN. 	0,09 %

- Jumlah	Sampel
Penelitian: 72	Sampel
Sayuran (Daun Bayam, Daun Singkong dan Daun Kangkung)	
- Software: Visual Basic 6.0, MATLAB 7.1	
- Akurasi : 99,10 %	

Berdasarkan **Tabel 4.6** terlihat bahwa pada penelitian terdahulu, dengan penggunaan metode dan *software* yang berbeda diperoleh akurasi prediksi klorofil total terbaik sebesar 71,42%, dengan *error* 0,07%. Jika dibandingkan dengan akurasi dan rata-rata kesalahan (*error*) penelitian Palgunadi dan Pratiwi (2015), maka hasil pada penelitian kali ini lebih tinggi. Hal ini dikarenakan pada penelitian Palgunadi dan Pratiwi (2015), dilakukan analisis dengan menggunakan metode *regresi eksponensial*, dengan dua variabel bebas (umur daun teh dan kandungan klorofil total), sehingga tingkat *error* yang dihasilkan pun jauh lebih kecil. Oleh karena itu prediksi kandungan klorofil total pada daun bayam, kangkung dan daun singkong berbasis *citra digital* dengan metode jaringan saraf tiruan dapat dijadikan sebagai solusi alternatif mendapatkan hasil yang akurat dan objektif dibandingkan pengamatan mata secara langsung. Di sisi lain metode JST berbasis *citra digital* ini lebih cepat dan akurat dalam memprediksi dibandingkan skala lab.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a Prediksi klorofil pada sayuran daun menghasilkan korelasi (R) rata-rata yang rendah. Oleh karena itu *citra digital* kurang mampu memprediksi dengan baik klorofil total daun singkong, bayam dan daun kangkung.
- b Hubungan 4 parameter *citra digital* yaitu, *Red*, *saturation_HSV*, *lightness* dan *saturation_HSL* terhadap klorofil total, *a* dan *b* memiliki pola hubungan *linieritas positif*. Sedangkan *Green*, *blue*, *hue*, dan *value* memiliki pola hubungan *linieritas negatif*. Regresi tertinggi pada pola hubungan naik ditunjukkan pada indeks *saturation_HSL* terhadap klorofil total daun singkong sebesar 78,6 %. Pola hubungan turun *regresi* tertinggi terjadi pada indeks *green* terhadap klorofil total daun kangkung sebesar 49,8 %.
- c Model jaringan saraf tiruan terbaik dalam memprediksi klorofil total adalah model 8 input, 9 *hidden layer* dengan satu *output layer*, pada proporsi data *training* 75 % dan data *testing* 25 %. Fungsi aktivasi yang digunakan pada kondisi ini adalah fungsi *sigmoid biner* pada *input* dan fungsi identitas pada *output layer*. Sedangkan untuk fungsi pelatihan pembelajaran digunakan *traingd (Gradient Descent Backpropagation)*. Serta diperoleh nilai MSE *testing* terkecil sebesar 0,0921 pada *korelasi (R) testing* sebesar 0,8468. Model Jaringan kali ini mampu secara maksimal membaca sumber klorofil total tertinggi pada daun singkong dengan persentase sebesar 84,68 %.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini, diberikan beberapa saran untuk mendukung penelitian selanjutnya, diantaranya:

- a. Sebaiknya melakukan pengukuran pada jenis daun yang lain, seperti daun sawi, daun kemangi, daun seledri ataupun daun pepaya yang cenderung memiliki klorofil tinggi.
- b. Analisis dapat dilakukan terhadap kandungan jenis lain seperti betakaroten, zat besi, kalium ataupun magnesium.

DAFTAR PUSTAKA

- Akram, M., M. A. Malik, M. Y. Ashraf, M. F. Saleem dan M. Hussain. 2007. **Competitive Seedin Growth and K⁺/ Na⁺ Ratio in Different Maize (Zea mays L.) Hybrids Under Salinity Stress**. Journal Botany, Pakistan, 39: 2553-2563.
- Arymurthy, A.M dan S. Suryana. 1992. **Pengantar Pengolahan Citra**. PT. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Budisanjaya, I.P.G. 2013. **Identifikasi Nitrogen dan Kalium pada Daun Tanaman Sawi Hijau Menggunakan Matriks Co-occurence, Moments dan Jaringan Saraf Tiruan**. Universitas Udayana. Denpasar.
- Borres, B.A.L., Ian, S. M. Chalila and Carld, E.O. M. 2017 **An RGB Sensor –Based Chlorophyll Estimation in Carabao Mango Leaves by Multiple Regressions Analysis of Hue Saturation Value Color Components**. De La Salle University. Manila, Philippines.
- Dewi, R.K. dan R.V.H. Ginardi. 2014. **Identifikasi Penyakit pada Daun Tebu dengan Gray Level Co-Occurrence Matrix dan Color Moments**. Fakultas Teknologi Informasi. ITS. Surabaya. Vol.1, No.2.
- Dey, A.K., Manisha S. and Meshram R. 2016. **An Analysis of Leaf Chlorophyll Measurement Method Using Chlorophyll Meter and Image Processing Technique**. Department of Electronics and Telecommunication, Bhilai Institute of Technology. India
- Dwidjoseputro, D. 1994. **Pigmen Klorofil**. Erlangga. Jakarta.

- Gunnars, K. 2017. **Spinach 101: Nutrition Facts and Health Benefits**. Dilihat pada 23 Maret 2017. <http://Authoritynutrition.com/foods/spinach>.
- Github Inc.Us. 2016. **Klorofil Project**. Dilihat pada 20 Februari 2017. <http://github.com/klorofil>.
- Hadisoeganda, A.W. 1996. **Bayam Sayuran Petani di Indonesia**. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Bandung.
- Haykin, S. 1999. **Neural Network A Comprehensive Foundation Second Edition**. Prantce Hall.USA
- Hendrawan, Y., and H. Murase. 2010. **Neural-Genetic Algorithm as Feature Selection Technique for Determining Sunagoke Moss Water Content**. Computers and Electronics in Agriculture 77 (2): 21-22.
- Indah, M. 2017. **Identifikasi Nitrogen Pada Daun Tanaman Bayam (Amaranthus sp.) Menggunakan Pemodelan Artificial Neural Network (ANN) Berbasis Citra Digital**.Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Iriyani, D dan P. Nugrahani. 2014. **Kandunga Klorofil, Karotenoid dan Vitamin C Beberapa Jenis Sayuran pada Pertanian Periurban di Kota Surabaya**. Universitas Terbuka Fakultas Pertanian UPN Veteran. Surabaya
- Kadir, A. dan A. Susanto. 2013. **Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra**. Andi. Yogyakarta.
- Kamal, M., dan R.S. Basuki. 2013. **Segmentasi Citra Daun Tembakau Berbasis Deteksi Tepi Menggunakan Algoritma Canny**. Teknik Informatika, Universitas Nuswantoro. Semarang.

Kardan, A., Asadeghi H., Ghidary S.S. and Sani M.R.F. Sani. 2013. **Prediction of Student Course Selection in Online Higher education Institute using Neural Network.** Computer and Education 65 (2013),1-11.

Kurniawan, M., Izzati M dan Y. Nurchayati. 2010. **Kandungan Klorofil, Kaotenoid, dan Vitamin C pada Beberapa Spesies Tumbuhan kuatik.** Buletin Anatomi dan Fisiologi XVII (1): 28-40.

Lakitan, B. 2001. **Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan.** Raja Grafindo Persada. Jakarta

Padmaja, V., and K. D. Amar. 2015. **Evaluation of Leaf Chlorophyll Content by a Non-Invasive Approach.** International Journal of Inovation Instrumentaion and Control Engineering, Vol.3. India

Palgunadi, S. dan N. Pratiwi. 2015. **Prediksi Umur dan Kandungan KlorofilDaun Teh Berdasarkan Image Daun dengan Menggunakan Vektor Ciri Warna Hijau.** Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim.Semarang.

Pangrestu, D.P dan N.I. Widiastuti. 2014. **Pembangunan Sistem Pendeteksi Penyalahgunaan Narkoba Menggunakan Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan Metode Backpropagation.** Bandung: Universitas Komputer Indonesia. Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika (KOMPUTA) Vol. 3 No. 1

Putra, Darma. 2010. **Pengolahan Citra Digital.** Andi Publisher.

Rukmana, R. 1994. **Bayam Bertanam dan Pengolahan Pascapanen.** Kanisius. Yogyakarta.

Salaki, M. 2000. **Biologi Sel.** Proyek Pengembangan Perguruan Tinggi Indoensia Timur Kerjasama Universitas Sam

Ratulangi Canadian International Development Agency
Simon Fraser University.

Salisbury, F.B and C.W. Ross. 1992. **Plant Physiology**.
Wadsworth Publishing Company. 682 pp. Belmont.
California.

Sandra, 2011. **Pengembangan Evaluasi Mutu Buah Tomat Secara Non Desktruktif Berbasis Computer Vision Menggunakan Neural Network**. Jurnal Teknik Pertanian. Nusantara: Malang.

Sandra dan Y. Hendrawan. 2015. **Buku Monograf-Aplikasi Citra Digital dan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Pertanian**. Nusantara. Malang.

Sawasemariai, A.M. 2012. **Respon Pertumbuhan dan Hasil tanaman Kangkung Darat (Ipomoea Reptairs Poir) Terhadap Pemberian Pupuk Indovit**. Sentra Foliar dan Indomess. Skirpsi. Jurusan Budidaya Pertanian. Fakultas Pertanian dan Teknologi Pertanian. Manokowari. Universitas Negeri Papua: pp. 1-3.

Setiari N, dan Y. Nurchayati. 2009. **Eksplorasi Kandungan Klorofilpada Beberapa Sayuran Hijau sebagai Alternatid Bahan Dasar Food Suplement**. Semarang: Lab.Biologi Struktur dan Fungsi Tumbuhan Jurusan Biologi FMIPA UNDIP. Semarang. Bioma. Vol.11, No. 1 Hal 6-10.

Sugiyono. 2010. **Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif Kualitatif dan RD**. Alfabeta. Bandung.

Sukria, H.A. dan K. Rantan. 2009. **Sumber dan Ketersediaan Bahan Baku Pangan di Indonesia**. IPB Press. Bogor. 53; 58-61.

Sutoyo, T., Edy M, Vincent S, Oky D.N, dan Wijarnato. 2009. **Teori Pengolahan Citra Digital**. Penerbit Andi. Yogyakarta.

Tech Fry. 2014. **CSS3 Colors: RGBA, HSL, and HSLA**. Dilihat pada 23 Maret 2017. <http://www.techfry.com/css-tutorial/css3-colors-rgba-hsl-and-hsla>.

Webdesigner Depot Staff. 2009. **How to Get a Professional Look With Color**. Diakses pada 21 Desember 2009. <http://www.webdesignerdepot.com/2009/12/how-to-get-a-professional-look-with-color/>

Widiastuti, A.T, Hero, w. Dan E. N. Tamatjita. .2008. **Pemanfaatan Hue, Saturation dan Lightness (HSL) Untuk Pengenalan Warna Berbasis Android**. Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto. Yogyakarta.

Wintermans, JGFM .,dan A.De Mots.1965.**Spectrophotometric Characteristic of Chlorophylls a and b and Their Pheophytins in Ethanol**. Biochim. Biophys Acta.109:448-453.

Wiratsongko, Henri. 2014. **Kangkung (Budidaya Manfaat dan Resep Olahan)**. Dilihat pada 20 Maret 2017. <http://www.desaqu.com/serba-serbi/kangkung-budidaya-manfaat-dan-resep-olahan/>.

Zarei, M dan D. Zay. 2009. **Optimized of Back-propagation Algorithm to Avoid Local Minimal in Multiplicate Neuron Model**. World Academy of Science, Enginerring and Technology, vol.4, no.12, pp 367-370